This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

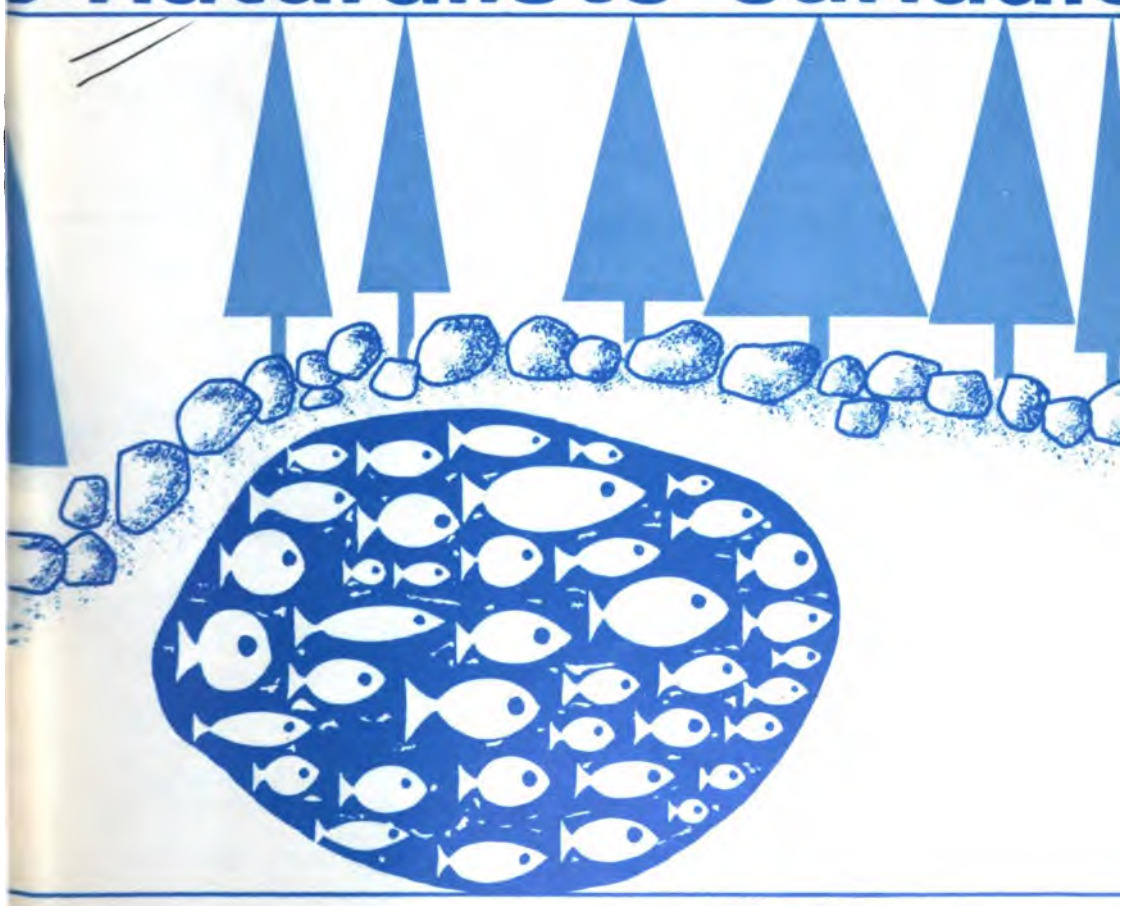
THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES 1817

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN · LIBRARIES · 1817

Q 70
UNIVERSITY OF MICHIGAN
MAY 1 - 1973
PERIODICAL READING ROOM

Volume 100,
nº 1,
janvier - février 1973

e naturaliste canadie



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

DIRECTEUR
G.-WILFRID CORRIVAULT

DIRECTEUR-ADJOINT
MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION
GUY LACROIX

SECRÉTAIRE-ADJOINT
PIERRE MORISSET

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*
RENÉ BÉIQUE, *Direction générale de la conservation, Ministère des terres et forêts, Québec*
JULIEN BERGERON, *Ministère de l'industrie et du commerce, Québec*
BERNARD BERNIER, *Université Laval*
PAUL BERTHET, *Faculté des sciences de Lyon*
LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*
PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*
MICHEL DELSOL, *Faculté catholique de Lyon*
LLOYD M. DICKIE, *Institut océanographique de Bedford*
ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*
PAUL GERVAIS, *Université Laval*
ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire naturelle de Paris*
WILLIAM S. HOAR, *Université de la Colombie-Britannique*
ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*
VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*
GASTON MOISAN, *Service de la jaune du Québec*
A. C. NEISH, *Conseil national des recherches du Canada, Halifax*
W. E. RICKER, *Office des recherches sur les pêcheries du Canada*
D. M. ROSS, *Université d'Alberta*
HENRI TINTANT, *Faculté des sciences de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec (2e), Québec

Abonnement annuel

au Canada : $ 10.00 — à l'étranger : $ 11.00 — le numéro $ 2.00

Publication bimestrielle de l'Université Laval, le NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs, et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétariat de la rédaction**, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Laval, Québec (10e), Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Conseil national de recherches du Canada.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec — Premier trimestre 1973.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 100 Janvier-Février 1973 Numéro 1

Museum QH 3 .N285

THE USE OF SODIUM CYANIDE AS A FISH ERADICANT IN SOME QUÉBEC LAKES

Gérard LEDUC [1], Yvon GRAVEL [2], Louis-Roch SÉGUIN [3], Bernard VINCENT [4] and François GUIBERT [5]

Résumé

Le cyanure a été utilisé comme piscicide sur une période de quatre ans. Un étang et cinq petits lacs de montagne ont été traités au cyanure de sodium commercial appliqué sous forme de briquettes ou granules à raison de 1 ppm. Une quinzaine d'espèces de poissons ont été rencontrées et dans la plupart des cas on a pu vérifier une élimination complète des poissons. Après l'application du cyanure, la toxicité disparait en moins de 40 jours, permettant une réintroduction hâtive de la truite mouchetée dans les lacs traités qui ont fourni par la suite une bonne pêche sportive. Il est possible de manipuler le cyanure sans danger ; il se compare avantageusement aux autres piscicides en usage tant pour son efficacité que par son bas prix.

Abstract

This study of the use of sodium cyanide as a fish eradicant extended over a period of four years and involved the treatment of one pond and five small mountain lakes of different sizes and depths, where a total of at least fifteen species of cold and warm water fishes were encountered. Technical sodium cyanide was applied in briquettes and granular forms at a concentration of 1 ppm and, in most instances, a complete fish-kill was achieved. The toxicity disappeared within 25 to 40 days and there was evidence of excellent growth of the brook trout fingerlings planted afterwards. The study has shown that it is possible to handle large quantities of sodium cyanide safely and that this can markedly reduce the cost of lake reclamation programs.

[1] *Department of Biological Sciences, Sir George Williams University, Montréal, Québec.*

[2] *Service de la faune du Québec, Laboratoire de recherches, 5075, rue Fullum, Montréal 178, Québec.*

[3] *Centre de recherches en sciences appliquées à l'alimentation, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec.*

[4] *Service de la faune du Québec, Division de l'aménagement, St-Faustin, Comté de Terrebonne, Québec.*

[5] *Service de la faune du Québec, Division de l'aménagement, C.P. 156, Shawinigan, Québec.*

Introduction

The sportfishing in numerous lakes has been ruined by the introduction of exotic fishes : moreover, the opening to the public of formerly restricted territories in Québec and elsewhere will certainly promote new undesirable introductions. Lake reclamation projects through chemical treatment will therefore have to be expanded to meet the ever increasing demands of sport fishermen. A fish toxicant acceptable for lake reclamation must meet the following conditions : safe to man, to wild and/or domestic birds and mammals ; effective against the target fishes at low concentration but relatively harmless to other aquatic organisms ; rapid decomposition without toxic residual compounds ; economical.

The use of piscicides has been adequately reviewed by Smith (1950), Solman (1950), Hooper (1959), Gebhards (1960), and Prévost (1960). Rotenone remains the most widely accepted toxicant, but its use is limited because of its high price. In an effort to find an effective but cheaper chemical insecticides such as Toxaphene, Endrin and Thiodan have been used (Gebhards, 1960 ; Pré-

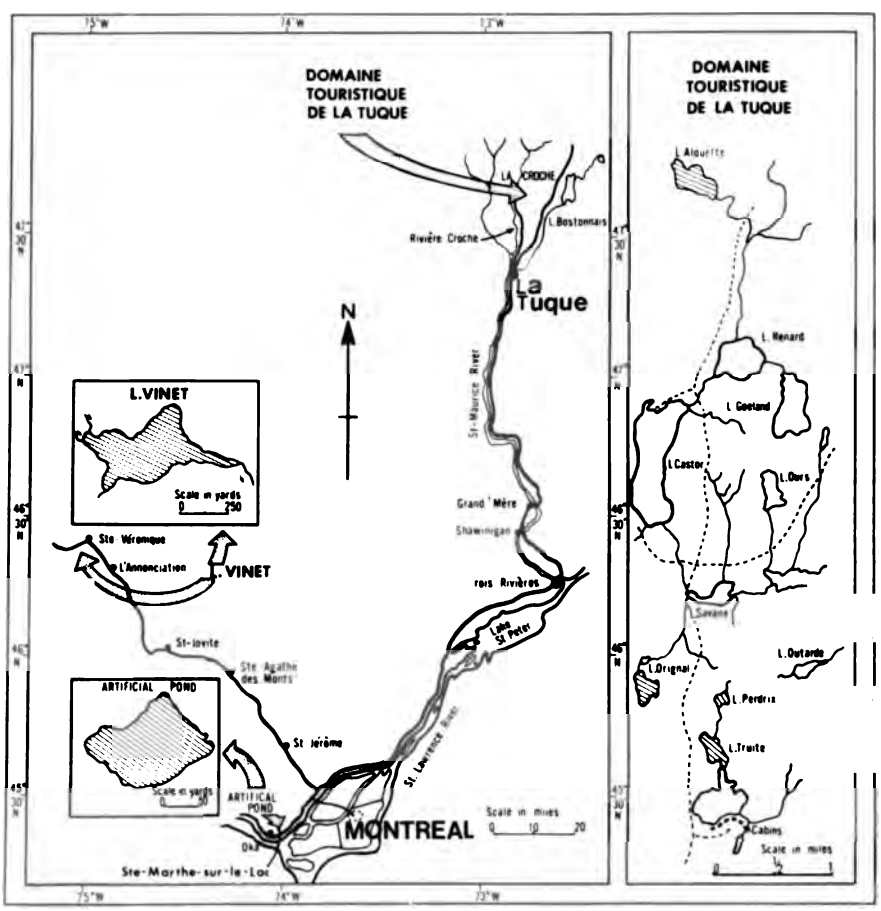


Figure 1. Map showing the location in the Province of Québec of one pond and five mountain lakes (shaded areas) which have been treated with sodium cyanide for reclamation purposes between June 1966 and September 1968.

297.A 0131
74 2 C
QUALITY CONTROL MARK

LEDUC *ET AL.*: SODIUM CYANIDE AS A FISH ERADICANT 3

TABLE I

Location, morphological characteristics, dates of treatment and fishes found in one pond and five Québec lakes treated with sodium cyanide

Site	*Location*	*Area in m^2*	*Max. depth in m*	*Average depth in m*	*Date of treatment*	*Common names of fishes found after treatment* [1]
Pond	73° 56′ 37″ W 45° 31′ 30″ N	52611	4.88	2.74	6/11/66	Brook trout – northern pike – longnose sucker – golden shiner – brown bullhead – pumpkinseed – rock bass – yellow perch.
Lake Vinet	75° 02′ W 46° 28′ N	81749.4	18.29	8.23	9/7/66	Brook trout – lake trout [2] – brown bullhead – northern redbelly dace – yellow perch.
Lake Perdrix	72° 40′ 17″ W 47° 43′ 36″ N	20235	1.83	0.91	9/22/67	Lake chub – pearl dace.
Lake Truite	72° 40′ 24″ W 47° 43′ 12″ N	84987	8.84	5.18	9/22/67	Brook trout – longnose sucker – creek chub – pearl dace – common shiner.
Lake Orignal	72° 41′ 45″ W 47° 43′ 18″ N	84987	12.19	4.88	9/22/67	Brook trout – white sucker – creek chub – pearl dace – lake chub – common shiner – burbot.
Lake Alouette	72° 42′ 52″ W 47° 47′ 30″ N	125457	5.49	2.74	9/14/68	Brook trout – burbot – sucker.

[1] The corresponding scientific names are given in: A List of Common and Scientific Names of Fishes from the United States and Canada. American Fisheries Society, Special Publication No. 6, 1970.

[2] One 3,63 kg specimen caught in gill net before the treatment.

vost, 1960). The application of these insecticides proved effective but their use soon became restricted because of their long-lasting toxicity in water, and, in some cases, evidence of accumulation in the food chain organisms (Terriere *et al.*, 1966). The hazards of introducing in the environment such chemically potent and stable materials need not be emphasized, in view of the increasing amount of information dealing with the deleterious effects of pesticides on wildlife.

More recently attention was given to another fish poison, antimycin A (Walker, Lennon and Berger, 1964) commercially available under the trade name of Fintrol[R] (Ayerst Laboratories, 1966). This toxicant is effective against most freshwater fishes except ictalurids; it seems to be relatively harmless to fish food organisms and is readily biodegradable. Antimycin A is however too expensive (about twice as much as rotenone) for major eradication projects.

In an attempt to find a satisfactory, yet cheap fish toxicant, we investigated the use of sodium cyanide which Bridges (1958) and Lewis and Tarrant (1960) proposed as a substitute to rotenone.

Sites

Six bodies of water were treated with sodium cyanide between 1966 and the end of 1968. These included one pond and five mountain lakes ; the locations of the various sites are shown in Figure 1. The sites were chosen on the basis of their small size and inaccessibility to the public. A summarized description of each site with a list of fishes found at each is presented in Table I.

The pond was created from an abandoned sand quarry where previous dredging had caused a very irregular bottom profile. The pond is spring-fed with no surface inlet or outlet streams. The fishes present were presumably carried in by man from nearby Lac des Deux Montagnes or from the Ottawa River basin, except for the brook trout which came from a trout hatchery.

Lake Vinet, a small mountain lake, supported an excellent brook trout sport fishery until 10 or 15 years ago, when it was spoiled by the introduction of yellow perch and brown bullhead.

The following four lakes are located within a territory operated by the city of La Tuque and used as an outdoor recreation area called : « Le Domaine Touristique de La Tuque » (Fig. 1). As part of an extensive management program, the reclamation of a number of lakes has been planned by the city and was initiated in the fall of 1967.

In Lake Perdrix, the shallow depth allows the growth of submerged and floating vegetation throughout its whole area and the bottom is covered with a thick layer of ooze. Preliminary work involved cutting a beaver dam to lower the water-level.

The outlet of Lake Truite, to the south, was previously closed by a beaver dam which was destroyed and replaced by a wooden dam from which the water-level of the lake could be controlled. Before treatment, the water-level had been lowered by about two feet (0.61 m) to expose the shoreline and thus facilitate the poisoning operation. Similar preparatory work was done in Lakes Orignal and Alouette.

TABLE II

Mortalities of brook trout fingerlings in cages at various depths at different times following the treatment of Lake Vinet with 1 ppm of sodium cyanide on September 7, 1966

Days after treatment	*Depth of test cage in m*	*Duration of test in days*	*Number of fish per cage*	*Mortality at end of test*
7	4.57	7	5	5
	4.57	7	5	5
	4.57	7	5	5
	4.57	7	5	5
14	6.10	1	3	2
	3.05	1	3	3
	1.52	1	3	3
15	6.10	8	3	3
	3.05	8	3	3
	1.52	8	3	3
23	6.10	3	3	3
	3.05	3	3	0
	1.52	3	3	—[1]
26	6.10	8	3	3
	3.05	8	3	0
	1.52	8	3	3
34	6.10	6	6	0
	3.05	6	6	0
	1.52	6	6	0

[1] The three brook trout escaped from the cage.

Material and methods

Technical grade sodium cyanide is available commercially in the form of briquettes (about 1½" square ; 9.68 cm²) or in granules supplied in 100-pound (45.36 kg) metal drums. For the present study the sodium cyanite was purchased from the Shawinigan Chemical Company of Canada and McArthur Chemicals Limited, Montréal. Briquettes

were used for the pond and for Lake Vinet, whereas granules were applied in all other lakes. All treatments were at the rate of 1.0 ppm of the salt. Experienced persons were present at all times to supervise the operations ; other persons were carefully instructed for the use of the toxicant. Rigorous safety measures were adopted throughout all operations, in the handling of the toxicant before and during its application in water. The closed drums were brought to the shore of the lakes to prevent any contamination of working areas or vehicles by accidental spillage or dust.

For the application of the cyanide briquettes, the operators were fully protected with plastic clothing (hat, coat, overalls, rubber boots and gloves) and respiratory masks equipped with a cyanide gas-absorbing cannister. The briquettes were transferred by means of a wooden funnel into 50-pound (22.68 kg) onion bags (about ¼" mesh ; 0.64 cm) which had already been inserted into large plastic bags to prevent environmental contamination by cyanide dust. The half filled bags were securely closed with a rope extending about 12 feet (3.66 m) in length and tied to a 2" x 4" (5.08 cm x 11.16 cm) board about 12 feet (3.66 m) long, fixed transversely to the rear of a boat. At the start of the treatment, the plastic bags were then removed, released in the water and hauled behind the motor-driven boat until the briquettes were completely dissolved, which required about 10 minutes. No respiratory masks were used during this part of the operation.

In Lake Vinet, in order to be sure that cyanide reached the greatest depths, bags containing about 40 pounds (18.14 kg) of briquettes were lowered to depths of 20, (6.10 m) 30, (9.14 m) 40 (12.19 m) and 50 (15.24 m) feet, along a rope maintained in a vertical position by large styrofoam floats and were left overnight.

The application of granular sodium cyanide was as follows : prior to the treatment of the lakes, spare lids fitting the metal drums were obtained from the suppliers and a hole of about 3½" (8.9 cm) in diameter was cut close to the rim ; a length of four feet (1.22 m) of flexible exhaust tube (4" (10.1 cm) diameter) was then fitted into the hole. At the time of application the screw-held lids of the cyanide drums were replaced by those already fitted with the flexible tubes and the drums were then ready to be loaded into the boats in a minimum of time, with absolutely no handling of sodium cyanide.

The cyanide granules were poured into the water and the flow was controlled by a rope attached to the end of the tube, while the boat moved around the treated area. Since the tube was always kept very close to the water and often touching it, no dust could escape. Care was taken to distribute the toxicant in amounts related to depths of the various areas of the lake.

Whereas the treatment of Lake Vinet with briquettes took 10 men approximately eight hours using two motor-driven boats, the treatment of Lakes Perdrix, Truite and Orignal with cyanide granules was completed in one day with equal manpower and facilities. In Lake Alouette, the application in about three hours by four men using one motor-driven boat.

Following the application of the sodium cyanide in the lakes, attention was given to the tributaries and to adjacent water holes. In the pond and in Lake Vinet where uneven shorelines or littoral vegetation could have prevented the diffusion of cyanide, 5% liquid rotenone

was sprayed around the shore. Some rotenone was used in the tributaries of Lakes Truite, Orignal and Alouette where cyanide granules were also distributed in small amounts in the streams, far enough upstream to eliminate all possible fish life.

Results

The effect of cyanide was immediate on most fishes encountered. Certain species were extremely sensitive whereas others were more resistant, although they eventually died.

In the pond, the brook trout surfaced within a few minutes and, as soon as sighted, were removed with dip nets and put in untreated water. About 60 brook trout were thus retrieved and immediately transferred to a nearby rearing pond, but only half of them ultimately survived. Other brook trout which had not been collected at the surface all sank and were seen laying dead on the bottom.

In Lake Truite, 53 brook trout were collected while they were in distress at the surface but no attempts were made to revive them. In all other lakes treated, a total of less than 10 brook trout were collected. The authors are of the opinion that only a portion of the brook trout killed by the poison in Lakes Vinet, Truite, Orignal and Alouette came to the surface. Yellow perch, sunfish, rock bass, burbot, minnows and suckers came to the surface and swam rapidly in circles, gulped for air, struggled and died. Large numbers remained floating on the surface after death.

Black bullhead and northern pike appeared to be the most resistant species to cyanide. In the pond, only one small (5 cm) bullhead was found dead the day of the treatment ; larger specimens (10-15 cm) were seen swimming and showing no sign of distress. Two days later, three bullheads, and one northern pike (about 46 cm) were found dead but other bullheads were still living although obviously moribund, as they were swimming on their backs in circles.

In Lake Vinet only a few large (12-15 cm) bullheads were found dead on the day of the treatment, about five hours after the application of cyanide. At this time there were already hundreds of other dead fish, chiefly yellow perch and minnows, on the surface and along the shore of the lake. Observation of the effects of cyanide on organisms other than fish was limited to the pond and to Lake Vinet. In the latter, a massive kill of mayfly larvae was immediately observed in a shallow and narrow stretch of the lake near the outlet. Tadpoles of various frogs and some salamanders were also found dead in shallow areas. Adult frogs apparently affected by the poison were swimming erratically at the surface and along the shoreline. Seagulls were attracted in great numbers, particularly to the pond, and were seen feeding heavily on the dead fish with no apparent ill effects.

In all lakes some observations were made after the treatment. At the pond, observations were made on the 3rd and 4th day after the poisoning and then once three months later, when two gill nets of 1½" (3.8 cm) and 2" (5.1 cm) mesh size (stretched) were placed in the deepest hole and brought up after two days. They contained 14 brown bullheads, thus revealing that the treatment had not been successful in wholly eradicating this fish. It is quite possible that because of the very irregular bottom profile resulting from previous dredging, the average depth of the pond was miscalculated. Furthermore, the surviving

fish were caught in the deepest hole where lower temperatures suggested the presence of an underground spring. The apparently more resistant bullheads could have taken advantage of a less toxic zone. Extensive seining along the shore did not produce any fish, but large numbers of backswimmers (Notonectidae) and water boatmen (Corixidae) were recovered.

In Lake Vinet observations following the application of cyanide were more extensively carried than in other places. Three days after the treatment, dead yellow perch and brown bullheads were sighted everywhere along the shore, and some insects such as water striders (Gerridae). Tadpoles of various sizes appeared to be unaffected. The tests to determine the duration of toxicity of the water were performed with brook trout fingerlings held in wire mesh cages which were lowered to depths shown in Table II, and at various places on the lake. The test began seven days after the treatment and were continued until no mortality occurred in any of the cages; whenever brook trout survived the test periods, indicated in Table II, they were replaced by new fish for the following tests. The results of the toxicity tests given in Table II show that the lake detoxified within 26 to 34 days.

To verify the efficiency of the fish-kill, four 100-foot (30.48 cm) gill nets of different mesh sizes were laid into the lake and were left for 26 days (September 21 to October 11) during which no fish were caught except three brook trout fingerlings, presumably those which had escaped from the test cages. The lake was then stocked with 3,000 brook trout fingerlings (7-10 cm) on October 17, 1966, that is, 41 days after the treatment of the lake. No further observations were made until the following spring and summer.

In Lake Perdrix, the duration of toxicity was not determined. Seining along the shoreline, about a month after the treatment, revealed the presence of the pearl dace, and lake chub. The very thick carpet of aquatic vegetation covering the whole bottom of the lake obviously prevented an even diffusion of the poison after its applications and thus a total fish-kill did not occur.

In Lake Truite, a total of 18 100-foot (30.48 m) gill nets of mesh size ranging from 3.2 to 10.2 cm (stretched) were laid for three days but failed to reveal any fish. Toxicity tests performed the same way as previously described for Lake Vinet revealed that the toxicity had disappeared within about 30 days. The lake was planted with brook trout fingerlings (10-13 cm) in mid-November 1967, that is, about 50 days after the lake was treated.

In Lake Orignal, a total of 20 100-foot (30.48 m) gill nets of mesh size ranging from 3.2 to 10.2 cm (stretched) were laid for three days but failed to produce any fish and the toxicity tests indicated the disappearance of toxicity within five to six weeks. One test cage containing five brook trout fingerlings was inadvertently left in the lake throughout the winter. When recovered in the following spring, all five fish were alive. This lake was also planted with brook trout fingerlings (10-13 cm) in mid-November 1968.

In Lake Alouette the extent of the fish-kill was not tested with gill nets, but the application of liquid rotenone in tributaries one week after the poisoning failed to reveal any sign of fish life. In this lake the water detoxified within 25 days and the lake was stocked with 6,200 brook trout fingerlings (10-13 cm) in mid-November 1968, that is, about 55 days after the lake was treated.

A systematic study of the brook trout populations planted in the treated lakes could not be done, but they were observed occasionally. It was interesting to note that in Lake Vinet, hook and line fishing in the spring following the treatment produced fish of 20.3 cm in length and by the end of August specimens of up to 30.5 cm were caught. In Lakes Truite and Orignal, hook and line fishing produced fish between 18 and 26 cm in November 1968. These two lakes were opened to sport fishing in the spring of 1969 and have each yielded 600-700 brook trout of 20-28 cm during the fishing season.

Discussion

Sodium cyanide is a deadly poison and should be used only by trained persons authorized by governmental agencies. The present investigation has shown however that sodium cyanide can be safely handled and that it could become an efficient and economical tool in lake management.

Governmental agencies are extremely cautious in permitting the use of various chemicals in fisheries work. According to Prewitt (1970), sodium cyanide is unlikely to be cleared for fish-farm use in the United States. Safety is certainly not an inherent attribute of the chemical, although proper handling can reduce the hazards to a negligible level. The authors believe that the present technique of application of granular sodium cyanide in water eliminates all dangers to the operators.

Following laboratory and field observations, Bridges (1958) reported that for most fishes the lethal concentration (100% kill in 24 hours) is 1 ppm of cyanide as NaCN ; he also reported that cyanide at this concentration has no appreciable effect on aquatic invertebrates and presents no danger to tebrates exclusive of fishes. In this st complete fish-kills were appar achieved in three places : Lakes V Truite and Orignal ; in two cases pond and Lake Perdrix) only a pa eradication was obtained. In the l two cases physical and biological tors may explain the incomplete kill.

Our observations on the effect cyanide on aquatic animals other fish revealed that some animals seriously affected by the poison. De this, it appears that the fish-food ganisms in general were only part affected as is indicated by the condition of the newly planted b trout caught during the spring and mer seasons following the treatmer

It is unlikely that food of terres origin could have provided adeq nourishment, especially in early sp We assume that, although the swimming forms of various organi were affected by cyanide, the eggs some larval forms evaded the toxic relatively short action of cyanide.

Cyanide rapidly disappears from ural waters through loss at the water interface and through bact and protozoan activity where amm is the chief degradation product for (Ludzack and Schaffer, 1960). Bec of its labile nature, cyanide ca accumulate in living tissue but is me olized in various forms, one of w is thiocyanate, (Fruton and Simmo 1958, p. 796). Bridges (1958) obse that the toxicity disappeared within days after the application of 1 of cyanide in warm shallow pond rapid rate of degradation is an impo asset of a lake reclamation toxi provided it has the minimum stal necessary to achieve its purpose. In

respect sodium cyanide compares favorably to rotenone.

The duration of toxicity of rotenone-treated lakes ranges from a few days to a month (Penick, 1963), temperature and depth being the major factors involved. In the cold lakes of the Province of Québec, rotenone toxicity may last several months (Prévost, 1960). In the present study, the duration of cyanide toxicity measured in four lakes ranged between 24 and 45 days, the shortest period occurring in the shallowest lake, Lake Alouette, and the longest in the deepest, Lakes Vinet and Orignal.

On a practical basis, the cost of a reclamation program may determine its feasibility. The use of sodium cyanide proved to be much more economical than the use of rotenone which, applied at a rate of 0.5 et 1.0 ppm (5% liquid formulation) as recommended by Penick (1963), cost one to two dollars per acre-foot (1233.5 m^3). Prévost (1960), however, recommended 1 to 3 ppm rotenone to kill hardy species like killifish and bullheads in cold water, thus bringing the cost up to two to six dollars per acre-foot (1233.5 m^3). The cost of the chemical only, for the application of sodium cyanide at a concentration of 1 ppm, amounts to about 75 cents an acre-foot (1233.5 m^3). The authors believe that technical sodium cyanide could advantageously replace other more expensive piscicides for lake reclamation purposes if approved as a fish toxicant by regulatory agencies in Canada and the United States.

The comparison of the cost of cyanide with the costs of rotenone and antimycin A may appear invalid and unfair since cyanide is not registered as a fish toxicant whereas the two others are, a fact which certainly accounts a lot for their higher price. On the other hand, rotenone and antimycin A formulations have been developped for the sole purpose of being used as a fish eradicant and therefore had to be registered before being put on the market. For cyanide it is different ; this chemical is widely used by industry and if used as a fish eradicant would not necessitate registration but government approval. In this case, before clearance, additional research may be needed and it would probably have to be undertaken by government agencies since it is unlikely that a company would undertake this investment in view of the very small market in fishery management. In this case, the cost of cyanide would not be changed and would be available to users at its normal market price.

Serious consideration should also be given to the use of sodium cyanide in fish farming for collecting live fish other than salmonids. Bridges (1958) showed that during the application of cyanide in ponds, live game fish could be successfully retrieved and planted elsewhere. In our work, live brook trout, the only game fish of interest, could not be successfully recovered. This fish is obviously too sensitive to the poison and, in addition, it sinks to the bottom while dying ; this phenomenon was confirmed in the pond where shallow waters permitted direct observation. In all six bodies of water treated, no dead trout were found floating or washed to shore as was the case for all other species encountered.

The presence of residual chemicals in fish destined for human consumption is always a serious concern. The amount of cyanide as CN^- detected in fish (*Leuciscus* sp.) killed by 1 p p m. of cyanide as CN^- was found to be a little less than one microgram per gram of fish (Kariya *et al.*, 1967). The average fatal dose of sodium cyanide to a human is

about 100 mg (Merk Index, 1968, p. 544). On the basis of Kariya *et al.* (1967) findings mentioned above, and at the concentration of sodium cyanide (1 ppm) used in our study, we estimate that a person would have to eat 50 kg of raw fish killed with cyanide to absorb a harmful dosage ! Moreover, most if not all cyanide would dissipate and/or decompose during cooking of the fish.

Acknowledgements

The authors wish to express their appreciation to the Shawinigan Chemical Company Limited, and in particular to Mr. Donald O. Tirrell, Sales Manager, for providing us with safety equipment and documentation on the use of sodium cyanide. The assistance of the personnel of the City of La Tuque, namely Mr. Léo Archambeault, Ing. P., City Manager and Mr. Léo Lavoie was very valuable in providing us with lodging and technical assistance during and after the operations. We also wish to thank various biologists of the Province of Québec Wildlife Service, especially Mr. Gaston Lemay of Rimouski, Mr. Albert Courtemanche and Dr. Jean-René Mongeau of Montréal for their assistance in the identification of fishes and the verifications of the fish-kill with gill nets.

The authors are also extremely grateful to Dr. Frank S. Abbott, Associate Professor of Biology at Sir George Williams University, for his revision of the manuscript and his constructive criticisms.

References

AYERST LABORATORIES, 1966. Fintrol[R], a new chemical concept for the eradication of rough and stunted freshwater fish. *Tech. Rep.*, New York, 10 p.

BRIDGES, W.R., 1958. Sodium cyanide as a fish poison. *Spec. scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv. Fisheries*, No. 253, 11 p.

FRUTON, J.S. and S. SIMMONDS, 1958. General biochemistry. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1077 p.

GEBHARDS, S.V., 1960. A review of toxaphene for use in fish eradication. *Manuscr. Rep. Idaho Dep. Fish Game*, 14 p.

HOOPER, F.F., 1959. Use of the newer organic insecticides for fish population control. *Manuscr. Rep. Michigan Dep. Cons., Inst. Fish. Res.*, 6 p.

KARIYA, T., R. AKIBA, S. SUZUKI and T. TSUDA, 1967. Studies on the post-mortem identification of the pollutant in the fish killed by water pollution – IV. Detection of cyanide in the fish. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, 33 (4) : 311-314.

LEWIS, W.M. and R.M. TARRANT Jr., 1960. Sodium cyanide in fish management and culture. *Progve Fish Cult.*, 22 (4) : 177-180.

LUDZACK, F.J. and R.B. SCHAFFER, 1960. Activated sludge treatment of cyanide, cyanate and thiocyanate. *Manuscr. Rep. U.S.P.H.S. Robert A. Taft, Sanitary Engineering Center, Cincinnati*, 19 p.

Merck Index, The, 1968. Eighth edition. P.G. Stecher Ed. Merck and Co., Inc., Rahway, N.J., U.S.A., 1714 p.

Penick, S.B. and Co., 1963. Noxfish[R] and Pronoxfish[R] for fisheries management. *Tech. Rep.*, St. Louis, New York, Chicago, 35 p.

PRÉVOST, G., 1960. Use of fish toxicants in the Province of Quebec. *Can. Fish Cult.*, (28) : 13-35.

PREWITT, R., 1970. Sodium cyanide. *Am. Fish Farmer*, 1 (3) : 23-24.

SMITH, M.W., 1950. The use of poisons to control undesirable fish in Canadian fresh waters. *Can. Fish Cult.*, (8) : 17-29.

SOLMAN, V.E.F., 1950. History and use of fish poisons in the United States. *Can. Fish Cult.*, (8) : 3-16.

TERRIERE, L.C., U. KIIGEMAGI, A.R., GERLACH and R.L. BOROVICKA, 1966. The persistence of toxaphene in lake water and its uptake by aquatic plants and animals. *J. agric. Fd Chem.*, 14 (1) : 66-69.

WALKER, C.R., R.E. LENNON and B.L. BERGER, 1964. Preliminary observations on the toxicity of Antimycin A to fish and other aquatic animals. *Circ. U.S. Bur. Sport Fish. Wildl*, No. 186. Investigations in fish control, (2) : 1-19.

INDUCTION DE LA DIFFÉRENCE PHASAIRE DU RYTHME CARDIAQUE CHEZ *LOCUSTA MIGRATORIA MIGRATORIOÏDES* R. ET F.

Jean-Pierre ROUSSEL
Laboratoire de biologie générale, Université Louis Pasteur, et Équipe de recherche associée au C.N.R.S. N° 118
67000 Strasbourg, France

Résumé

Nous étudions le rôle de l'origine des œufs et celui de l'ambiance d'élevage dans l'induction de la différence phasaire de rythme cardiaque qui existe chez *Locusta migratoria*. Les résultats expérimentaux ne permettent pas d'envisager l'existence d'un facteur de type héréditaire qui maintiendrait le rythme cardiaque au niveau de celui de la souche d'origine lorsque les insectes sont élevés dans d'autres conditions. Par contre, les conditions existant dans une pièce occupée par la phase grégaire induisent tous les Criquets présents à posséder un rythme cardiaque de type grégaire, quelles que soient l'origine des œufs et les conditions d'élevage. Nous pensons ainsi que les Criquets grégaires produisent un facteur, vraisemblablement de nature volatile, dont l'un des rôles est de maintenir le rythme cardiaque au niveau grégaire.

Abstract

The solitary form of *Locusta migratoria migratorioïdes* shows a higher cardiac rhythm than the gregarious form, especially during the first days of the adult stage. The effects of ambient conditions and of the origin of the eggs have been studied in order to determine which of these factors is responsible for cardiac rhythm differences between the two phases in young adults. Although males developed from eggs of the solitary form and reared in crowded conditions have a cardiac rhythm which is intermediate between that of the gregarious form and that of the isolated form, it is not possible to conclude that there definitely exists a genetic basis for these differences in cardiac rhythm. Ambient conditions (as different from rearing conditions) are the conditions which exist in a room occupied by either form of locusts. It is shown that crowded ambient conditions induce all locusts to exhibit a crowded cardiac rhythm, regardless of both the origin of eggs and rearing conditions. Solitary ambient conditions have no effects on the cardiac rhythm. It is concluded that the gregarious form produces a factor, probably a chemical substance, one effect of which is to regulate the cardiac rhythm of locusts at the crowded level.

Introduction

Le rythme cardiaque de *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F. a été étudié au cours de la presque totalité de la vie, du premier stade larvaire jusqu'aux adultes âgés d'environ deux mois, chez les animaux élevés en conditions grégaires (Roussel, 1968, 1969, 1972 a) et chez les animaux élevés en conditions solitaires (Roussel, 1972 b, 1972 c).

La comparaison des rythmes cardiaques des phases grégaire et solitaire au

cours de la vie larvaire (Roussel, 1973) et des premiers jours de la vie imaginale (Roussel, 1972 b ; Quéinnec et Roussel, 1972) indique, à certains moments, une différence de rythme cardiaque entre les deux phases.

Mise à part une différence phasaire provisoire à la naissance (Roussel, 1973), celle-ci apparaît au stade IV pour se manifester pleinement au stade V et au début du stade imaginal (Roussel, 1972 b).

Nous envisageons ici les causes qui déterminent la réalisation de la différence phasaire en examinant d'une part le rôle de l'origine des oeufs, d'autre part le rôle de l'ambiance d'élevage sur le rythme cardiaque des jeunes adultes exclusivement.

Matériel et méthodes

Cette étude est effectuée sur l'Orthoptère *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F., conservé en phase grégaire au laboratoire depuis plus de 5 ans. Les individus solitaires dérivent des grégaires par isolement des jeunes à l'éclosion. La souche solitaire que nous utilisons est isolée depuis neuf mois.

Les Criquets sont élevés dans deux salles distinctes suivant qu'il s'agit d'individus grégaires ou d'individus solitaires.

À l'éclosion, les jeunes Criquets de filiation grégaire sont placés en groupes de plusieurs centaines (souche) ou de quarante (expérimentation) dans des cages grillagées. Ils resteront ensemble tout au long de leur développement.

Les jeunes Criquets de filiation solitaire éclosent sous forme groupée dans une boîte en plastique. Moins de 24 heures après, ils sont placés dans des bocaux de verre de 1.5 litres où ils se développeront et resteront jusqu'à la fin de leur vie.

Les deux pièces d'élevage sont situées à plusieurs dizaines de mètres de distance et une communication des deux ambiances est peu probable.

Dans les deux salles, on s'efforce de réaliser les mêmes conditions climatiques, soit une photopériode comprenant 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité, une température variant entre approximativement 30°C le jour et 25°C la nuit et une humidité supérieure à 50%. Les différences dans les conditions d'hébergement des Criquets (cages grillagées et bocaux) induisent des variations légères de la température et plus importantes de l'humidité entre les grégaires et les solitaires. De plus, les thermostats réglant les températures des deux pièces fonctionnent indépendamment l'un de l'autre, ne permettant pas un contrôle rigoureux de la température. Néanmoins, nous pensons que les deux phases sont soumises à des conditions voisines.

Les battements cardiaques sont comptés, selon la méthode habituelle (Roussel, 1968), tous les cinq jours, au cours des 25 premiers jours de la vie imaginale, dans une salle différente des salles d'élevage et à une température de 24 ± 1°C.

Les animaux ne sont sortis de leurs conditions d'élevage que le temps de la mesure. Généralement, les deux phases ne se rencontrent pas dans la salle de mesure, mais s'y succèdent.

Résultats

RÔLE DE L'ORIGINE DES OEUFS

Élevage en conditions grégaires (figures 1 et 2)

Dans deux cages différentes, placées dans la salle d'élevage de la phase grégaire, nous élevons simultanément, en conditions groupées et depuis l'oeuf, des

individus de filiation grégaire et d'autres de filiation solitaire.

Chez les mâles, comme chez les femelles, les individus de filiation grégaire ont un rythme cardiaque semblable à celui qui a été établi précédemment. Pour les 25 premiers jours, ce rythme est en moyenne, de 69 bt/mn chez les mâles (figure 2 g') et de 72 bt/mn chez les femelles (g). Pour ce même laps de temps, le rythme cardiaque établi précédemment pour la phase grégaire (Roussel, 1968, 1969, 1972 a) était de 71 bt/mn (G') et de 73 bt/mn (G). Ces différences de 2 et 1 bt/mn respectivement ne sont pas significatives.

Les individus de filiation solitaire et élevés en groupe présentent une différence de rythme selon le sexe. Les femelles ont un rythme cardiaque très bas (69 bt/mn, figure 2 s), inférieur à celui des grégaires (72 bt/mn, g) et à celui

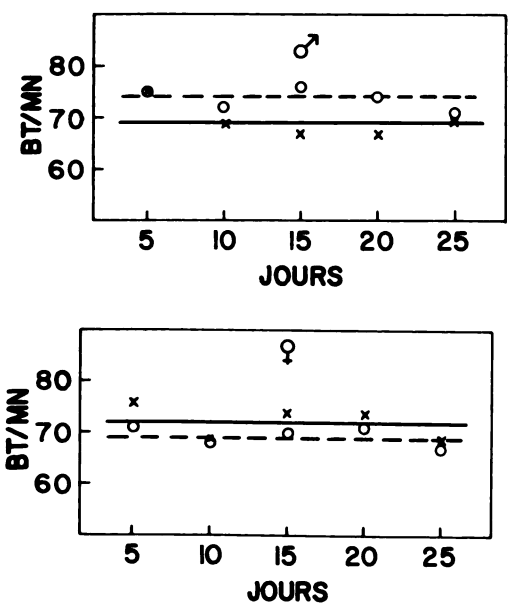


Figure 1. Rythme cardiaque en battements par minute (bt/mn) des mâles et des femelles adultes de *Locusta migratoria* élevés en conditions grégaires à partir d'œufs de filiation grégaire (x——x) et d'œufs de filiation solitaire (o - - - o).

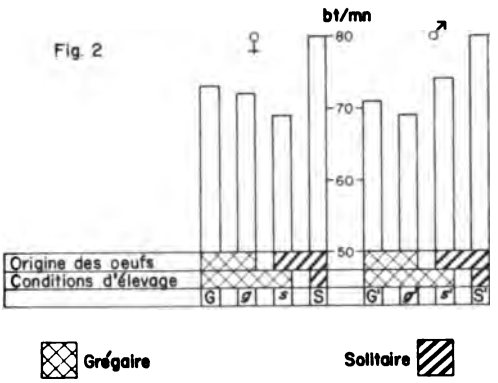


Figure 2. Rôle de l'origine des oeufs sur le rythme cardiaque des adultes des deux phases de *Locusta migratoria* élevés en conditions grégaires (g, s, g' s'). G, S, G' S' représentent les rythmes cardiaques de la souche servant de référence.

des solitaires au cours des 10 premiers jours de la vie imaginale (80 bt/mn, S) (Roussel, 1972 b). Ce rythme est à assimiler à celui des femelles grégaires. Les mâles ont un rythme cardiaque de 74 bt/mn (s'), se distinguant des mâles grégaires (69 bt/mn, g') mais également des mâles solitaires (80 bt/mn, S'). La grégarisation s'effectuant pour les caractères morphologiques sur plusieurs générations (Albrecht, Verdier et Blackith, 1958, 1959), le rythme cardiaque pourrait se plier en partie à cette loi et les mâles présenteraient alors, chez les grégaires de première génération, une valeur intermédiaire entre celles des grégaires et celle des solitaires typiques. La différence de réaction relevée entre les sexes a déjà été signalée (Blackith, 1962).

Élevage en conditions solitaires (figures 3 et 4)

Des oeufs provenant des souches grégaire et solitaire sont élevés individuellement en bocaux dans la salle d'élevage de la phase solitaire.

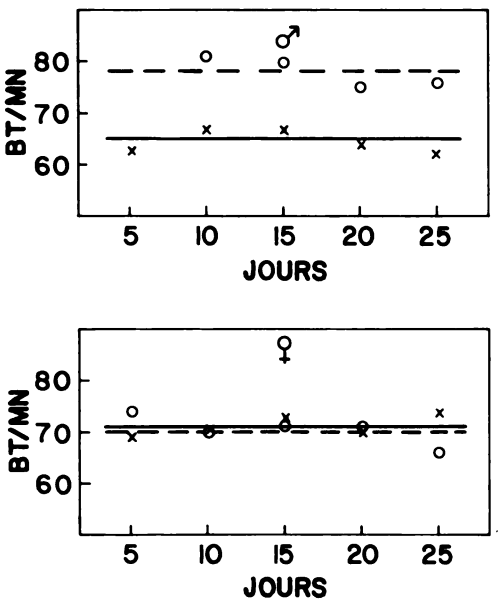


Figure 3. Rythme cardiaque en battements par minute (bt/mn) des mâles et des femelles adultes de *Locusta migratoria* élevés en conditions solitaires à partir d'oeufs de filiation solitaire (o - - - o) et d'oeufs de filiation grégaire (x——x).

Les individus mâles de filiation solitaire présentent un rythme cardiaque semblable à celui qui a été établi précédemment pour les individus solitaires (Roussel, 1972 c). La moyenne entre le cinquième et le vingt-cinquième jour est de 78 bt/mn (figure 4, s') ce qui correspond aux 80 bt/mn (S') trouvés précédemment pour les jours 1 à 10.

Cependant, chez les femelles, on enregistre un rythme cardiaque moyen de 70 bt/mn (s) qui n'est absolument pas explicable, les femelles solitaires normales possédant un rythme cardiaque de 80 bt/mn (S) entre les jours 1 et 10. L'hypothèse selon laquelle le rythme cardiaque, plus élevé dans les dix premiers jours, redeviendrait semblable à celui des grégaires ensuite est à rejeter dans ce cas précis : les femelles de filiation solitaire, élevées en conditions typiquement solitaires, présentent ici un rythme cardiaque de 74 et 70 bt/mn aux jours 5 et 10 respectivement contre 79 et 78 bt/mn chez les animaux solitaires de référence (figure 3).

Les individus de filiation grégaire ne montrent aucune tendance à acquérir un rythme cardiaque de solitaires. La valeur du rythme cardiaque des mâles est de 65 bt/mn (figure 4, g') en moyenne, soit de 7 bt/mn inférieure à celle des grégaires typiques. Cependant, cette différence ne doit ni prêter à confusion, ni être exagérée. Elle pourrait, par exemple, être due simplement à une différence de 2°C dans la température au moment des mesures. Nous devons considérer ces animaux comme possédant un rythme cardiaque de grégaires.

Chez les femelles, le rythme cardiaque est semblable à celui des femelles grégaires de référence (g, G).

Dans ce cas, il ne se présente, en première génération, aucune tendance à la solitarisation du rythme cardiaque. Les individus de filiation grégaire, élevés en solitaires, gardent, en ambiance solitaire, un rythme cardiaque de grégaires. On peut penser que deux ou trois générations sont nécessaires pour réaliser le rythme cardiaque solitaire.

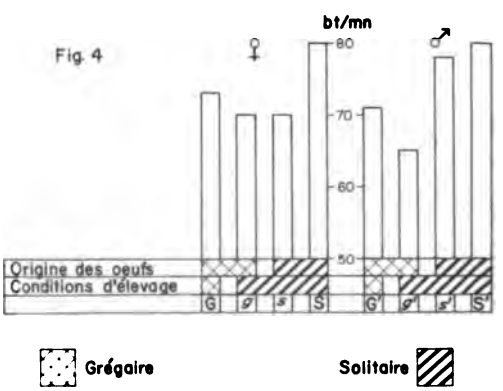


Figure 4. Rôle de l'origine des oeufs sur le rythme cardiaque des adultes des deux phases de *Locusta migratoria* élevés en condition solitaires (g, s, g', s'). G, S, G', S' représentent les rythmes cardiaques de la souche servant de référence.

Il pourrait donc exister, chez les individus grégaires et indépendamment du mode d'élevage, un facteur de type héréditaire qui tendrait à maintenir le rythme cardiaque à son niveau grégaire.

RÔLE DE L'AMBIANCE D'ÉLEVAGE

On entend par ambiance les conditions existant dans la pièce d'élevage du fait de son occupation par les insectes de l'une ou l'autre phase. Nous avons donc deux ambiances d'élevage, d'une part celle qui est réalisée dans la pièce où se trouvent les Criquets solitaires, d'autre part celle de la pièce où l'on élève les Criquets grégaires.

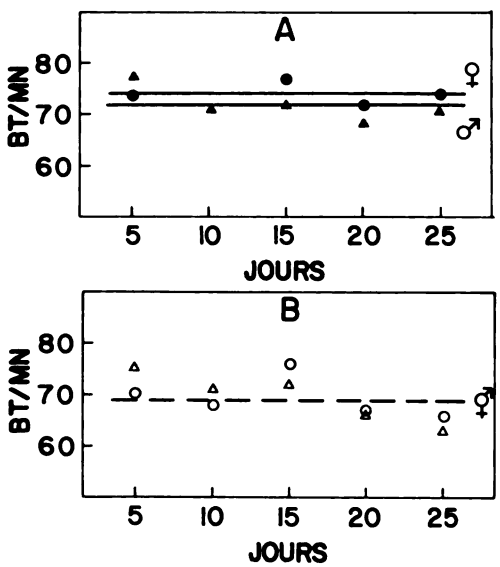


Figure 5. Rythme cardiaque en battements par minute (bt/mn) des mâles et des femelles adultes de *Locusta migratoria*. A : grégaires élevés en ambiance solitaire (▲ : mâles, ● : femelles) ; B : solitaires élevés en ambiance grégaire (△ : mâles, O : femelles).

L'ambiance solitaire (figures 5A et 6)

Nous plaçons une cage de 40 jeunes Criquets de filiation grégaire dans la pièce d'élevage des solitaires et nous les laissons s'y développer jusqu'à la réalisation du stade adulte.

Le rythme cardiaque moyen des mâles entre les jours 5 et 25 est de 72 bt/mn (figure 6, g') pour 71 bt/mn (G') chez les grégaires de référence (Roussel, 1968, 1969, 1972 a).

Pour ce même laps de temps, chez les femelles, le rythme cardiaque moyen est de 74 bt/mn (g) alors qu'il était de 73 bt/mn (G) chez les femelles grégaires de référence.

Le rythme cardiaque des animaux de filiation grégaire, élevés en conditions grégaires, mais dans la pièce d'élevage des solitaires, est de type grégaire. L'ambiance solitaire ne modifie pas le rythme cardiaque grégaire.

L'ambiance grégaire (figures 5 B et 6)

Des Criquets de filiation solitaire sont placés à l'éclosion, chacun dans un bocal, dans la pièce d'élevage grégaire. Ils sont donc soumis pendant tout le temps de leur développement à l'ambiance grégaire.

Le rythme cardiaque moyen entre le jour 5 et le jour 25 est de 69 bt/mn (figure 6, s et s'), soit proche de celui des

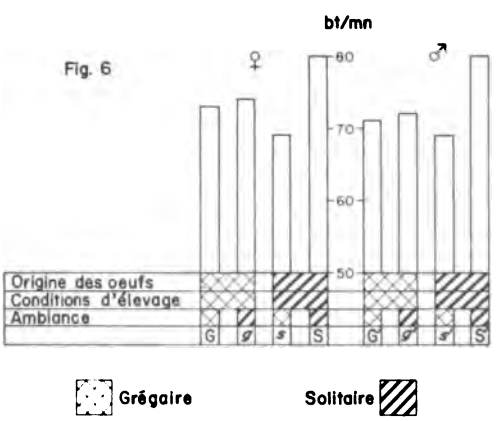


Figure 6. Rôle de l'ambiance d'élevage sur le rythme cardiaque des adultes des deux phases de *Locusta migratoria* (g, s, g', s'). G, S, G', S' représentent les rythmes cardiaques de la souche servant de référence.

grégaires et sans aucun rapport avec celui des solitaires qui est, en moyenne, de 10 bt/mn supérieur (S et S').

L'ambiance grégaire a agi sur des individus de souche solitaire, élevés en conditions solitaires, en grégarisant le rythme cardiaque.

Il existerait un facteur « grégaire », lié à l'occupation de la pièce d'élevage par les grégaires, qui induirait les Criquets solitaires à adopter le rythme cardiaque des grégaires.

Ceci est en rapport avec ce que nous avons trouvé précédemment concernant l'élevage de Criquets de filiation solitaire, en conditions grégaires, en ambiance grégaire : les femelles possédaient un rythme cardiaque de grégaires, les mâles un rythme cardiaque intermédiaire. Ici, dans les deux sexes, le rythme est typiquement grégaire. Il semble que le développement dans la même pièce que les grégaires suffise pour modifier le rythme cardiaque des solitaires.

Discussion

Pour tenter d'expliquer la différence phasaire du rythme cardiaque qui se manifeste chez *Locusta*, notamment au début du stade imaginal, nous avons envisagé l'action de deux facteurs: l'origine des oeufs et l'ambiance de l'élevage.

On sait que l'on obtient la transformation des individus d'une phase dans l'autre par modification de la densité de l'élevage et que la réalisation parfaite de l'un ou l'autre type d'individus demande, au moins pour les caractères morphologiques, trois générations (Albrecht, 1967).

L'étude du devenir des individus de filiation solitaire ou grégaire, élevés en conditions soit grégaire, soit solitaire, devait apporter la preuve de l'existence ou de la non-existence d'un facteur de type héréditaire en ce qui concerne la valeur du rythme cardiaque et l'apparition éventuelle d'un rythme cardiaque de type *transiens*.

Cependant, la découverte d'un facteur d'ambiance « grégaire » risque d'interférer avec les résultats se rapportant à un possible facteur héréditaire et d'empêcher de conclure à ce sujet.

En effet, si nous observons que les individus de filiation grégaire, se développant en conditions grégaires, mais à l'élevage solitaire, gardent un rythme cardiaque de grégaires et donc que l'ambiance solitaire ne présente pas d'action sur le rythme cardiaque, il n'en est pas de même de l'expérience inverse.

Des Criquets de filiation solitaire, élevés en solitaires, mais en ambiance grégaire, acquièrent systématiquement le rythme cardiaque des grégaires. Nous avons là l'indication de l'existence d'un facteur d'ambiance «grégaire » qui agit en diminuant le rythme cardiaque des solitaires. Ce facteur n'est pas d'ordre tactile, les solitaires étant isolés ; il n'est vraisemblablement pas d'ordre visuel, la disposition des bocaux et des cages ne permettant pas aux solitaires de voir les grégaires. Il pourrait être d'ordre auditif ou olfactif.

Quelle que soit sa nature, ce facteur est produit par les Criquets grégaires et l'une de ses conséquences est l'ajustement du rythme cardiaque des individus qui y sont soumis au niveau grégaire.

Or, lorsque nous plaçons de jeunes néonates de filiation solitaire, en conditions grégaires, à l'élevage grégaire, ces animaux sont de toute façon soumis au facteur d'ambiance « grégaire » et, s'il existe un facteur héréditaire tendant à maintenir le rythme cardiaque au niveau solitaire, il entrera en conflit avec le

facteur d'ambiance «grégaire » dont l'action est justement inverse.

Nous constatons, dans ces conditions, que les femelles acquièrent un rythme cardiaque de grégaires. Dans ce cas, il n'y a pas de facteur héréditaire ou, s'il existe, il est supplanté par le facteur d'ambiance «grégaire ».

Chez les mâles, nous obtenons un rythme cardiaque intermédiaire entre celui des solitaires et celui des grégaires, rythme que nous pouvons qualifier de *transiens*. Il est alors possible ici d'envisager l'existence d'un facteur héréditaire solitaire d'autant plus que le facteur d'ambiance « grégaire » qui joue en sens contraire est présent ; ce facteur héréditaire solitaire disparaîtrait en deux ou trois générations. La différence de réaction des mâles et des femelles a été signalée à diverses reprises (Stower, Davies et Jones, 1960 ; Blackith et Verdier, 1960 ; Blackith, 1962).

Nous ne pouvons faire grand cas des résultats obtenus à l'élevage solitaire où une cage de grégaires se trouvait pour l'expérience du rôle de l'ambiance tandis que nous y étudions en même temps le rôle de l'origine des oeufs.

Cette cage, à elle seule, a vraisemblablement produit le facteur d'ambiance « grégaire » qui, dans ce cas, serait plus d'ordre olfactif qu'auditif, à telle enseigne que les femelles solitaires (plus sensibles sans doute que les mâles) ont acquis un rythme cardiaque grégaire.

Dans ce cas, le fait que les individus de filiation grégaire, élevés en solitaires, en ambiance solitaire, aient un rythme cardiaque de grégaires ne prouve pas du tout l'existence d'un facteur de type héréditaire pour le rythme cardiaque des grégaires. Ce rythme peut très bien avoir été induit par le facteur d'ambiance « grégaire ».

De ces diverses expériences, on peut tirer les conclusions suivantes:

— L'existence d'un facteur de type héréditaire, dont l'action est de préserver pendant un certain nombre de générations le rythme cardiaque de la souche d'origine, n'est pas démontrée que ce soit chez les grégaires ou chez les solitaires. Il est possible que ce facteur existe, au moins chez les solitaires. Dans ce dernier cas nous aurions, au moins dans un sexe, l'apparition d'un rythme cardiaque de type *transiens*.

— Les grégaires produisent un facteur, vraisemblablement de nature chimique, dont l'une des propriétés est de faire acquérir à tout Criquet qui y est soumis le rythme cardiaque typique grégaire. Il sera nécessaire de préciser la nature exacte de ce facteur et d'envisager ses affinités avec la phéromone sexuelle existant chez certains Acridiens (Loher, 1960 ; Haskell, 1962).

Références

ALBRECHT, F.O., 1967. Polymorphisme phasaire et biologie des Acridiens migrateurs. Masson et Cie, Paris, 194 p.

ALBRECHT, F.O., M. VERDIER et R.E. BLACKITH, 1958. Détermination de la fertilité par l'effet de groupe chez le Criquet migrateur (*Locusta migratoria migratoroïdes* R. et F.) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 4 : 349-427.

ALBRECHT, F.O., M. VERDIER and R.E. BLACKITH, 1959. Maternal control of ovariole number in the progeny of the migratory locust. *Nature*, 184 : 103-104.

BLACKITH, R.E., 1962. L'identité des manifestations phasaires chez les Acridiens migrateurs. *Coll. Int. C.N.R.S.*, 114 : 299-310.

BLACKITH, R.E. et M. VERDIER, 1960. Quelques nouvelles techniques utilisables en analyse morphométrique chez les Acridiens. II. Utilisation du fémur antérieur pour diverses discriminations. *Bull. Soc. ent. Fr.*, 65 : 261-273.

HASKELL, P.T., 1962. Sensory factors influencing phase change in locuste. *Coll. Int. C.N. R.S.*, 114 : 145-163.

LOHER, W., 1960. The chemical acceleration of the maturation process and its hormonal control in the male of the Desert Locust. *Proc. Roy. Soc.*, (B), 153 : 380-397.

QUEINNEC, Y. et J.-P. ROUSSEL, 1972. Influence de la phase sur les variations de l'activité cardiaque en fonction de l'éclairement chez *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 275 : 71-74.

ROUSSEL, J.-P., 1968. Étude du rythme cardiaque chez *Locusta migratoria* adulte. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 267 : 631-633.

ROUSSEL, J.-P., 1969. Le rythme cardiaque chez *Locusta migratoria*. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 94 : 677-695.

ROUSSEL, J.-P., 1972 a. Rythme et régulation du cœur chez *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F. *Acrida*, 1 : 17-39.

ROUSSEL, J.-P., 1972 b. Différence phasaire du rythme cardiaque chez *Locusta migratoria* L. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 274 : 2071-2073.

ROUSSEL, J.-P., 1972 c. Le rythme cardiaque de la phase solitaire de *Locusta migratoria* L. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 97 : 171-179.

ROUSSEL, J.-P., 1973. Réalisation de la différence phasaire du rythme cardiaque chez *Locusta migratoria* L. I. Vie larvaire. *Experientia* (sous presse).

STOWER, W.J., D.E. DAVIES et I.B. JONES, 1960. Morphometric studies of the Desert Locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.). J. *Anim. Ecol.*, 29 : 309-339.

Naturaliste can., 100 : 19-24 (1973).

VARIATIONS SAISONNIÈRES DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE CHEZ LE BÉLIER [1, 2]

J. P. LEMAY

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec

G. W. CORRIVAULT

Département de biologie, Faculté des sciences, Université Laval, Québec

Résumé

Dans ce travail, les auteurs ont étudié les variations saisonnières de l'activité sexuelle chez le bélier, à l'aide de techniques histologiques. Les résultats démontrent qu'il existe une relation étroite entre l'âge, le mois de l'année, le poids des testicules et le diamètre des conduits séminifères. En fait, l'activité spermatogénétique est maximale en automne et minimale au printemps.

Abstract

Histological studies were used to investigate the seasonal variations of the ram's sexual activity. The results herein show a close relation between age, month of the year, weight of the testes, and diameter of the seminiferous tubules. Accordingly spermatogenesis is at its peak in the fall and at its low in the spring.

Introduction

La durée du cycle spermatogénétique est une constante biologique que ni l'allongement de la photopériode ni les hormones gamétocinétiques ne peuvent perturber. Chez le bélier, le cycle spermatogénétique dure environ 49 jours, le cycle de l'épithélium séminifère 10.4 jours, les divisions spermatogoniales 10 jours, la prophase méiotique 15 jours et la spermiogénèse 14 à 15 jours (Ortavant, 1959). Au sein d'une même espèce, la durée de la spermatogénèse est constante (prophase méiotique et spermiogénèse) (Ortavant, 1961). Cependant, la spermatogénèse varie d'une espèce à l'autre (Clermont, Leblond, Messier, 1959). L'activité spermatogénétique du bélier est maximale à l'automne et minimale au printemps. De plus, la période d'activité sexuelle diffère entre les races Shropshire (Hafez, 1955). McKenzie et Berliner (1937) observent un accroissement de l'activité sexuelle entre octobre et janvier, pour la race Shropshire ; entre août et janvier, pour la race Hampshire.

Le but de l'expérience entreprise était l'étude des variations saisonnières de l'activité sexuelle chez le bélier, en fonction des conditions écologiques et climatologiques régionales de l'Est du Québec.

Matériel et méthode

Pour ces fins, nous avons recueilli, du mois de septembre 1964 à la fin d'août 1965, aux Abattoirs Legrade Inc., les testicules droits et gauches de 169 béliers croisés Leicester, North Country Cheviot, Oxford et Suffolk, provenant de 19 comtés de l'Est du Québec.

---

[1] Contribution nº 149 de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval.

[2] Contribution nº 94 du Département de biologie de la Faculté des sciences, Université Laval.

Il faut retenir qu'il n'a pas été possible d'établir l'arbre généalogique des croisements des ovins sélectionnés pour cette étude.

Chaque mois, durant une séance d'abattage (tableau I), une vingtaine de testicules d'animaux d'âge et de provenance connus, étaient prélévés et immédiatement fixés dans une solution à 10% de formaline, dans des récipients d'un volume de trente à quarante fois supérieur à celui de la pièce. Les renseignements sur le sexe, la date de naissance, le lieu d'origine du sujet, la date d'expédition, d'abattage et d'identification des organes droits et gauches furent compilés pour fins de statistiques sur des fiches d'identificaton.

Après la pesée des organes, nous avons prélevé, pour la confection des coupes histologiques, des pièces de 10 à 15 mm à différents endroits sur les testicules de 122 ovins. La mise en évidence de la topographie générale des tubes séminifères était facilitée par les techniques suivantes : une coloration au glychémalum-phloxine, selon une modification de la méthode de Carazzi (Langeron, 1934) et une réaction à l'aide de l'acide périodique Schiff (PAS) (Matoja, Matoja, 1967).

Nous avons mesuré le diamètre des tubes séminifères au moyen d'un oculaire micrométrique étalonné en notant le plus petit diamètre de cinq tubes sur les préparations histologiques. Les analyses

TABLEAU I

Observations faites sur les testicules de béliers

Mois d'abattage	*Nombre de testicules*	*Poids des testicules*		*Diamètre des tubes séminifères*	
		Moyennes g	*Valeurs extrêmes g*	*Moyennes μ*	*Valeurs extrêmes μ*
1964					
Septembre	24	230.6	159.4 – 322.9	193.3	158.2 – 256.3
Octobre	22	268.5	117.0 – 340.5	193.9	134.6 – 248.0
Novembre	20	190.0	122.3 – 236.8	172.1	161.2 – 181.6
Décembre	20	146.0	95.0 – 244.0	141.2	126.5 – 162.8
1965					
Janvier	20	86.6	46.3 – 139.3	131.4	11.6 – 156.8
Février	20	83.6	40.7 – 143.4	110.8	103.2 – 120.5
Mars	20	67.2	30.5 – 100.6	107.6	80.4 – 143.2
Avril	20	95.1	57.1 – 158.3	123.3	111.6 – 149.6
Mai	20	79.7	47.2 – 99.6	125.9	108.2 – 149.4
Juin	18	115.8	70.3 – 144.4	140.3	111.0 – 158.0
Juillet	20	144.2	88.9 – 233.9	158.8	126.6 – 178.6
Août	20	184.3	135.2 – 252.8	174.8	142.8 – 191.8
Total	244				

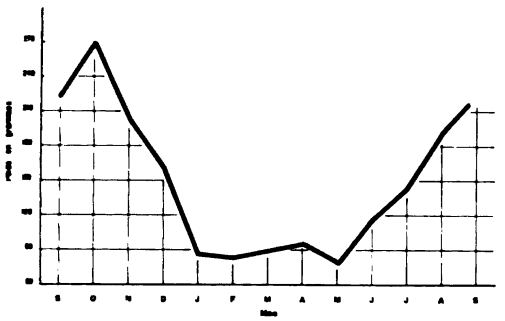


Figure 1. Variation mensuelle du poids de testicules de béliers.

statistiques furent faites d'après les méthodes décrites dans Snedecor (1940).

Résultats

ÉTUDE PONDÉRALE DES TESTICULES EN FONCTION DU DIAMÈTRE DES TUBES SÉMINIFÈRES

Le tableau I résume les observations faites sur 244 testicules d'ovins. Cette étude démontre l'existence d'une régression progressive du poids des organes testiculaires durant les mois d'inactivité sexuelle des béliers (fig. 1), soit de janvier à mai. Signalons que le poids moyen des testicules prélevés durant le mois de mai est inférieur à celui d'ovins observés durant le mois d'avril. L'étude statistique de cette différence pondérale révèle cependant que cette dernière n'est pas significative ($t = 1.24$). Nos observations indiquent aussi qu'il n'existe aucune différence significative entre le poids des testicules droits et gauches ($t = 0.20$).

Les mensurations des tubes séminifères de chaque organe démontrent que la régression pondérale coïncide étroitement avec une diminution du diamètre moyen des tubes. La figure 2 illustre parfaitement le parallélisme existant entre les variations cycliques du poids testiculaire et celle du diamètre des tubes

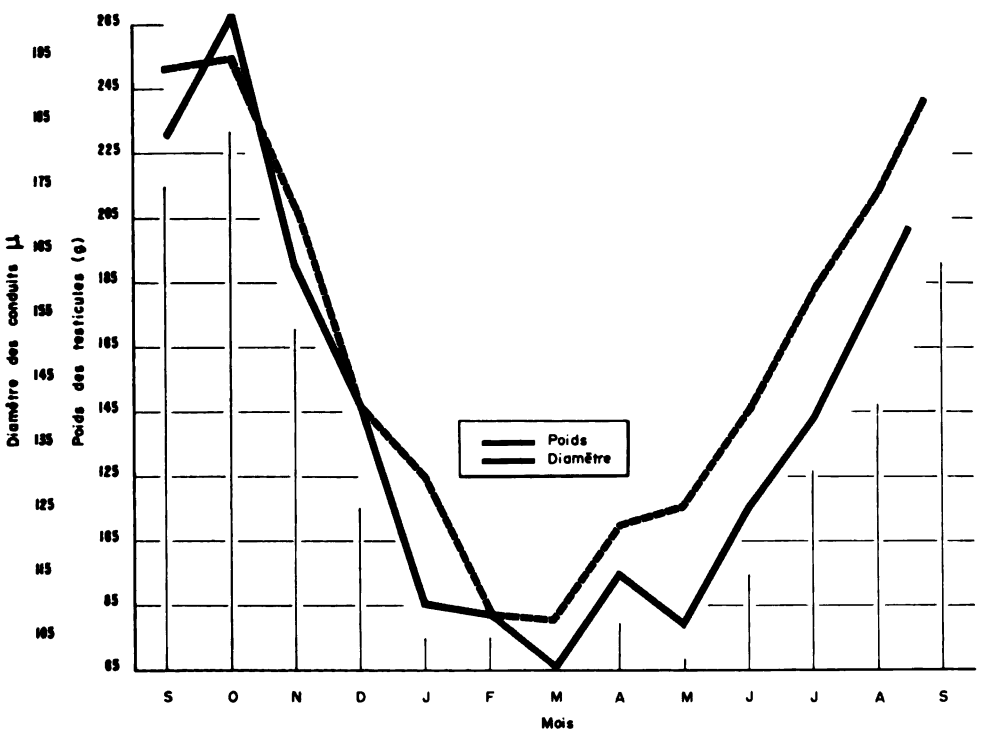


Figure 2. Comparaison entre les variations mensuelles du poids des testicules et du diamètre des tubes séminifères.

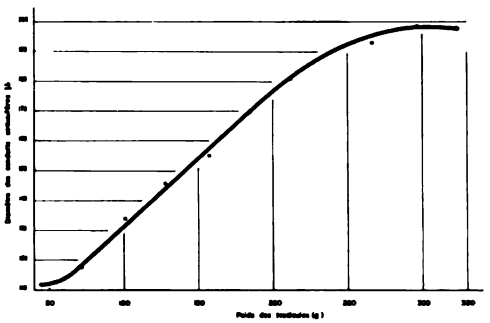


Figure 3. Relation entre le poids des testicules et le diamètre des tubes séminifères.

séminifères. Nous avons alors obtenu un coefficient de corrélation significatif (r = 0.85) entre ces deux variables.

En nous servant de ces informations de base, nous avons rapporté à la figure 3 la relation qui existe entre le poids des testicules et le diamètre des tubes séminifères. La courbe de régression met en évidence la relation qui existe entre ces deux variables. En effet, pour chaque augmentation de poids testiculaire, nous obtenons une valeur accrue du diamètre des tubes séminifères.

Nous pouvons dire que la différence « r » est faible et on peut même conclure que nous avons une corrélation rectiligne entre les deux variables. Toutefois, à partir de 250 grammes pour le poids des testicules et de 190 microns pour le diamètre des tubes séminifères, la courbe devient asymptotique. Cette étude démontre donc clairement qu'il existe une relation entre les variations cycliques du poids testiculaire et celles du diamètre des tubes séminifères.

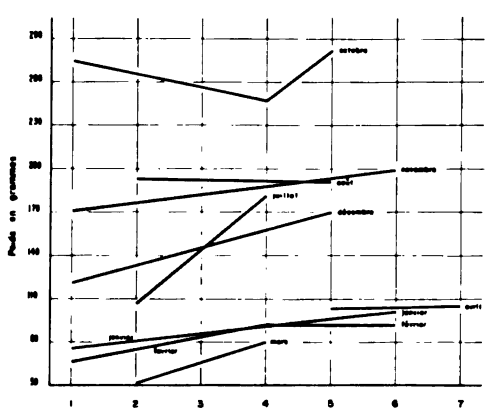


Figure 4. Poids des testicules en relation avec l'âge et les mois de l'année.

ÉTUDE DU POIDS TESTICULAIRE EN FONCTION DE L'ÂGE ET DES MOIS DE L'ANNÉE

Après avoir démontré que le poids testiculaire est en fonction du diamètre du tube séminifère, il nous semblait intéressant d'apporter quelques précisions sur le poids des testicules, l'âge et la période de l'année. En référant à la figure 4, nous constatons qu'indépendamment des mois, à partir de l'âge de un à cinq ans, l'augmentation du poids testiculaire est graduelle et se maintient à peu près par la suite. Toutefois, pour le mois d'octobre, nous notons une diminution constante du poids testiculaire, de l'âge de deux ans jusqu'à quatre ans, et une augmentation de 34 grammes, à l'âge de cinq ans. L'explication plausible de cette diminution graduelle serait probablement reliée au poids moyen élevé des antanais, leur activité spermatogénétique étant maximale.

ÉVOLUTION CYCLIQUE DE L'ÉPITHELIUM SÉMINAL DU BÉLIER

L'étude de l'évolution d'épithélium séminal durant chaque mois de l'année révèle que la durée du cycle spermatogénique demeure constante, tant chez les ovins de lignée pure que ceux issus de croisement, malgré la variation mensuelle de la photopériode. Seule la quantité de cellules germinales par association cellulaire peut varier à la suite d'une dégénérescence cellulaire durant l'une des étapes du cycle de la spermatogénèse.

Durant les mois de septembre, octobre, novembre et décembre, mois de pleine activité sexuelle du bélier, l'épi-

thélium séminal est le siège d'une activité accrue des associations cellulaires. En effet, les spermatogonies et les spermatocytes de premier ordre sont plus nombreux, denses et serrés. De nombreuses cellules germinales apparaissent dans la prophase méiotique et à diverses étapes de la spermiogénèse. En décembre, l'épithélium séminal remplit complètement les tubes séminifères. Au cours des mois de janvier, février, mars et avril, la densité cellulaire de l'épithélium séminal des tubes séminifères montre une notable régression. Cette régression s'accentue en fonction de la durée des périodes quotidiennes d'éclairement durant les mois de mai, juin, juillet et août.

Discussion et conclusion

L'étude des variations saisonnières de l'activité sexuelle chez les béliers de lignées croisées élevés dans l'Est du Québec démontre que le poids des testicules atteint un maximum en octobre ; il diminue par la suite pour passer par un minimum en mars. Ces observations concordent avec celles d'autres chercheurs. En effet, Pelletier et Ortavant (1964) ont démontré que le poids testiculaire des béliers est de janvier à mai de 35% inférieur à celui de la période de juin à octobre. Wislocki (1943) a obtenu des résultats identiques chez le chevreuil de Virginie (*Odocoileus virginianus*) dans ce cas, le poids des testicules atteint un maximum à l'automne et un minimum en hiver et au printemps.

Si ces observations permettent de préciser l'influence de la photopériode sur l'activité sexuelle des béliers de la région de l'Est du Québec, elles ne mettent cependant pas en évidence l'influence possible du génotype des différentes races ovines sur la variation possible de l'activité spermatique des béliers croisés, tels que l'ont observé McKenzie et Berliner (1937) et Hafez (1955) sur des animaux de race pure.

La régression pondérable des testicules du printemps à l'été, coïncide étroitement avec une diminution du diamètre moyen des tubes séminifères durant cette période. Ces résultats recouplent ceux de Simard (1964) qui observait chez un oiseau de l'île de Vancouver, le Tétras sombre *(Dendragapus obscurus filiginosus)*, une variation du diamètre des tubes séminifères en fonction de l'époque de reproduction ou de migration des oiseaux. Déjà, chez les ovins, Courot (1962) et Attal et Courot (1963) chez le taureau avaient noté de telles variations du diamètre des tubes séminifères.

Les variations que l'on constante dans le poids et le diamètre des tubes séminifères des béliers reflètent des changements analogues dans le nombre de cellules germinales. En effet, de septembre à décembre, l'épithélium séminal des tubes séminifères présente une recrudescence des associations cellulaires. Dès janvier et février, la densité cellulaire des association des cellules de l'épithélium séminal subit une importante régression, à tel point que seulement quelques cellules poursuivent les stades évolutifs de la spermatogénèse. La régression de la densité des populations de cellules germinales s'apparente aux observations faites par Clermont et Morgentaler (1955) sur le rat. Ces auteurs ont démontré que l'hypophysectomie entraîne graduellement une réduction des multiplications spermatogoniales et une dégénérescence cellulaire importante au stade zygotène et au début du stade pachytène. L'administration de suppléments d'hormones gonadotropes avait déjà confirmé que le rendement quantitatif normal de la prophase méiotique est contrôlé par des facteurs hypophysaires tels que FSH et ICSH (Desclin et Ortavant, 1963). Il est donc probable que

l'augmentation de la durée d'éclairement diurne freine les mécanismes neurosécréteurs de l'hypothalamus et entraîne ainsi un ralentissement ou des changements physiologiques dans la production de FSH-RF et ICSH-RF de l'hypothalamus (Pelletier et Ortavant, 1964). Cette diminution du contenu hypophysaire en FSH serait responsable de la dégénérescence cellulaire que l'on observe durant le processus spermatogénétique prenant place pendant le repos sexuel apparent du bélier.

En résumé, nos résultats démontrent que l'activité spermatogénétique chez le bélier est réduite en mars, avril et mai, pour reprendre son cours normal en juin. La production spermatogénétique est maximale en automne et diminue par la suite de janvier à mai, à cause de la dégénérescence d'un certain nombre de cellules germinales à des stades précis de la spermatogénèse. Ces résultats concordent avec les observations de McKenzie et Berliner (1937), Chang (1941), Green (1940), Ortavant (1959), Amir et Volcani (1965).

Remerciements

Les auteurs remercient le Conseil des recherches agricoles du Ministère de l'agriculture et de la colonisation du Québec ainsi que le Conseil national de recherches du Canada, pour leur aide financière. Ils tiennent aussi à exprimer leur reconnaissance aux autorités de l'Abattoir Legrade Inc., pour le prélèvement des pièces anatomiques.

Références

AMIR, D. and R. VOLCANI, 1965. Seasonal fluctuations in the activity of Awassi, German mutton merino, Corriedale, Border Leicester and Dorset Horn rams. a) Seasonal changes in semen characteristics. b) Seasonal changes in the spermatogenesis activity of Awassi rams. *J. agric. Sci.*, 64 : 121-134.

ATTAL, J. et M. COUROT, 1963. Développement testiculaire et établissement de la spermatogénèse chez le taureau. *Annls Biol. anim. Biochim. Biophys.*, 3 (3) : 219-241.

CHANG, M. C., 1941. A study of the physiology of ram spermatozoa. Doctorate Thesis, Cambridge University, Cambridge, England.

CLERMONT, Y. and H. MORGENTALER, 1955. Quantitative study of spermatogenesis in the hypophysectomized rat. *Endocrinology*, 57 : 369-382.

COUROT, M., 1962. Développement du testicule chez l'agneau. Établissement de la spermatogénèse. *Annls Biol. anim. Biochim. Biophys.*, 2 (1) : 25-41.

DESCLIN, J. et ORTAVANT, 1963. Influence des hormones gonadotropes sur la durée des processus spermatogénétiques chez le rat. *Annls Biol. anim. Biochim. Biophys.*, 3 : 329-342.

GREEN, W. W., 1940. Seasonal trends of sperm cell types in sheep. *Rec. Proc. Am. Soc. Anim. Prod., 33rd Ann. Meet.* : 207-210

HAFEZ, E. S. E., A. L. BADRELDIN and Y. H. DORWISH, 1955. Seasonal variations between characteristics of sheep in the subtropics. *J. agric. Sci.*, 45 : 283-292.

LANGERON, M., 1934. Précis de microscopie. Masson & Cie, Paris, 1205 p.

McKENZIE, F. F. and V. BERLINER, 1937. The reproduction capacity of rams. *Res. Bull. Mo. agric. Exp. Stn*, nº 265.

MARTOJA, R. et M. MARTOJA, 1967. Initiation aux techniques de l'histologie animale. Masson & Cie, Paris, 345 p.

ORTAVANT, R., 1959. Le cycle spermatogénétique chez le bélier. Thèse Doct. Sci., Paris, France. *Annls Zootech.*, 8 : 183-244 et 271-322.

ORTAVANT, R., 1961. Réponses spermatogénétiques du bélier à différentes durées d'éclairement. 4ème Congr. int. Reproduction Animale, La Haye, (2), p. 236-243.

PELLETIER, J. R. et R. ORTAVANT, 1964. Influence de la durée d'éclairement sur le contenu hypophysaire en hormones gonadotropes FSH et ICSH chez le bélier. *Annls Biol. anim. Biochim. Biphys.*, 4 (1) : 17-26.

SIMARD, B. R., 1964. The testicules cycle of blue grouse *Dendragapus obscurus fuliginosus* and its relation to age, breeding, behaviour and migration. Doctorate Thesis, Dept. Zool., Univ. British Columbia, Vancouver.

WISLOCKI, G. B., 1943. Studies on growth of deer antlers. II. Seasonal changes in the male reproductive tract of the Virginia deer, *Odocoileus virginianus borealis*, with a discussion of the factors controlling the antler-gonad periodicity. Essays in Biology. Univ. Calif. Press, p. 631-653.

ÉTUDE DE LA SEGMENTATION DU MÉSODERME SOMITIQUE CHEZ LE CRAPAUD COMMUN (*BUFO BUFO* L.) ET LA GRENOUILLE AGILE (*RANA DALMATINA* BON.) (AMPHIBIENS ANOURES)

J.-D. GIPOULOUX et F. LANDSMANN

Laboratoire de biologie animale A et Centre de morphologie expérimentale du C.N.R.S. Université de Bordeaux I, Avenue des Facultés, 33 600 Pessac, France

Résumé

La formation des somites chez les embryons de deux espèces d'Amphibiens Anoures est décrite. La vitesse de formation des somites n'est pas constante et présente des variations comparables dans le tronc et dans la queue des embryons. Les processus cytologiques aboutissant à la ségrégation des somites successifs sont étudiés. D'autre part, les observations permettent d'émettre une hypothèse sur l'origine des myoseptes à partir des cellules somitiques elles-mêmes. La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus chez les autres Vertébrés (Amphibiens en particulier) permet de mettre en évidence, chez les deux espèces étudiées, des différences nettes par rapport aux autres modes connus de formation des somites.

Abstract

The formation of somites in embryos of two species of Anura is described. The speed of formation of somites is not constant and shows variations comparable in the trunk and the tail of embryos. Cytological processes leading to the segregation of the sucessive somites are studied. On the other hand, these observations suggest an hypothesis as to the origin of myosepta from the somitic cells themselves. The comparison of these results with those obtained in other Vertebrates (especially, Amphibians) allows to set up, in the two species studied, clear differences in comparison with other well known modalities of somite formation.

Introduction

Chez la jeune neurula de tous les Vertébrés, le mésoderme paraxial (ou mésoderme somitique ou lame segmentaire) forme une masse allongée de part et d'autre de la corde dorsale. Il est constitué de nombreuses cellules polyédriques, tassées les unes contre les autres, sans arrangement particulier. Au cours des stades ultérieurs du développement, le mésoderme paraxial est découpé en somites successifs selon des plans parallèles les uns aux autres. Cette segmentation commence dans la région nucale de l'embryon et progresse en direction caudale.

Les somites sont des blocs cellulaires disposés très régulièrement les uns à la suite des autres en deux séries linéaires, droite et gauche. Celles-ci sont séparées l'une de l'autre par la corde dorsale et le tube nerveux qui constituent une cloison médiane, située dans un plan sagittal.

Le caractère remarquablement régulier et précis de la segmentation, ainsi que la grande importance de celle-ci dans l'établissement de la métamérie de l'organisme ont depuis longtemps suscité l'in-

térêt des embryologistes. Mais, alors que les travaux effectués sur la segmentation du mésoderme chez les Poissons et les Oiseaux sont très nombreux, ils sont rares chez les Amphibiens. Outre les recherches expérimentales de Waddington et Deuchar (1953) et de Deuchar et Burgess (1966), les seuls travaux descriptifs sont ceux de Maurer (1892) sur les Urodèles et de Hamilton (1969). Ce dernier, effectué sur le Xénope (*Xenopus laevis* Daud.) revêt une grande importance, car il précise que les modalités du découpage de la lame segmentaire en somites sont différentes dans cette espèce de celles décrites chez les autres Vertébrés.

Il nous a donc paru nécessaire d'étudier la segmentation du mésoderme paraxial chez deux espèces différentes d'Amphibiens Anoures, afin de vérifier les résultats de Hamilton et d'étendre éventuellement ses conclusions à l'ensemble du groupe des Anoures.

Matériel et techniques

CHOIX DES ESPÈCES

Nous utilisons deux espèces appartenant chacune à une famille très représentative des Amphibiens Anoures : le Crapaud commun (*Bufo bufo* L.) de la famille des Bufonidae et la Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.) de la famille des Ranidae. Pour chacun de ces Amphibiens existe une table chronologique du développement, établie dans le premier cas par Cambar et Gipouloux (1956) et dans le second par Cambar et Marrot (1954) ; ces tables permettent la détermination des stades embryonnaires et larvaires et fournissent ainsi des repères précis dans l'étude descriptive de la segmentation du mésoderme.

TECHNIQUES UTILISÉES

Les oeufs ou les embryons, récoltés dans les mares de la banlieue bordelaise, sont élevés au laboratoire à la température constante de 20°C. Ils sont soit examinés directement, soit fixés à intervalles de temps réguliers et débités en coupes histologiques en vue de l'observation microscopique.

Le comptage des somites est effectué sur les embryons frais dont l'ectoderme a été enlevé soit mécaniquement (embryons écorchés), soit chimiquement. Dans ce cas, les embryons vivants sont placés dans le liquide de Stearns sans calcium ni magnésium, additionné de Versène [1] à 0,5 g/l (Stearns et Kostellow, 1958) ; les cellules ectodermiques sont alors désagrégées, tandis que les structures mésodermiques sous-jacentes sont respectées.

Toutefois, les comptages les plus précis sont obtenus sur les embryons fixés, coupés et colorés selon les techniques de l'histologie classique : fixation au liquide de Smith ou de Bouin, inclusion dans la paraffine au moyen de l'alcool butylique primaire, sections transversales, frontales et sagittales de 10 μ d'épaisseur, coloration par l'Azan de Romeis.

L'examen des coupes rend parfois nécessaire la confection de reconstructions graphiques simples. Les images des coupes frontales successives sont alors dessinées à la chambre claire en prenant comme repère permanent la trace du plan de symétrie de l'embryon sur le papier.

Résultats

ASPECT TOPOGRAPHIQUE DE LA SEGMENTATION DU MÉSODERME SOMITIQUE

L'examen des coupes frontales effectuées à différents stades de la morphoge-

[1] E.D.T.A. : Acide éthylène diamine tétra-acétique.

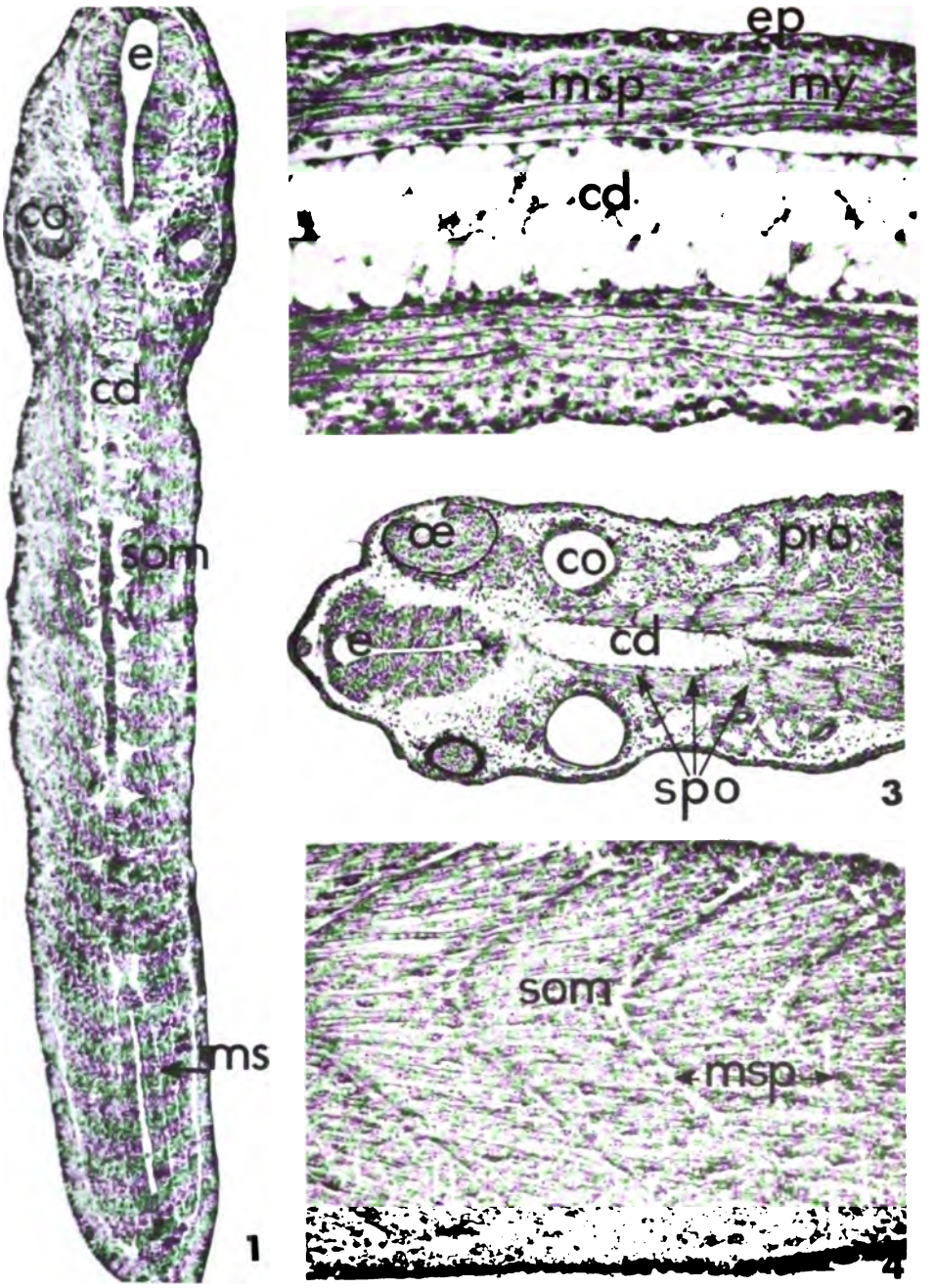


Figure 1. Aspect du découpage de la lame segmentaire, *Rana dalmatina* stade 22, coupe frontale (× 50). **Figure 2.** Aspect des somites en coupe frontale, *Rana dalmatina*, stade 27 (× 126). **Figure 3.** Coupe frontale de la région antérieure d'un embryon de *Rana dalmatina*, stade 27 (× 48). **Figure 4.** Aspect des somites en coupe parasagittale, *Rana dalmatina*, stade 26 (× 126).

Legende : c.d. : corde dorsale ; c.m. : cellules somitiques ; c.o. : capsule otique ; e. : encéphale ; ep. : épiderme ; f. : fibres ayant l'aspect du collagène ; m. : mitose (télophase) dans une cellule somitique ; m.s. : mésoderme somitique non segmenté ; msp. : myosepte ; my. : myotomes ; n. : noyau de cellule somitique ; oe. : oeil ; pro. : pronéphros ; pv. : plaquettes vitellines ; som. : somites ; s.p.o. : somites post-otiques.

nèse des embryons permet de fixer les principales étapes du développement des somites.

Au stade bourgeon caudal (stade 22 chez *Rana dalmatina* ou III_1 chez *Bufo bufo*), la partie antérieure des lames segmentaires est découpée en blocs plus ou moins arrondis, postérieurement auxquels se trouve la masse mésodermique non segmentée (figure 1).

Trois jours plus tard (au stade 26 chez *Rana dalmatina* ou III_5 chez *Bufo bufo*), les myotomes, issus du développement des somites, possèdent la forme de parallèlogrammes dont deux côtés sont parallèles à la corde dorsale, tandis que les deux autres forment avec l'axe antéro-postérieur de l'embryon un angle aigu dont la pointe est dirigée vers la région crâniale de celui-ci (figure 2). Seuls, les trois somites antérieurs (dits post-otiques) ont une forme et des dimensions anormales : ils paraissent plus allongés, et comme écrasés entre la corde dorsale et les capsules otiques (figure 3).

Sur des coupes parasagittales, les somites possèdent l'aspect de chevrons emboîtés les uns dans les autres. La pointe de ceux-ci est dirigée vers la région crâniale de l'embryon (figure 4). La valeur de l'angle que déterminent les limites externes du chevron décroît régulièrement lorsque la segmentation progresse en direction caudale. Dans les somites antérieurs, cet angle est presque plat ; il est obtus dans la région postérieure du tronc et aigu dans la queue de l'embryon puis de la larve.

En définitive, le découpage de la lame segmentaire a pour conséquence la formation des somites, lesquels ont une taille et une forme sensiblement constantes dans une région donnée. Lorsque la segmentation est terminée (stade 27 chez *Rana dalmatina*, stade III_7 chez *Bufo bufo*), le nombre des somites est constant pour chaque espèce : il est de 42 chez la Grenouille agile, de 34 chez le Crapaud commun. Ce nombre paraît donc fixé génétiquement. Toutefois, des modifications expérimentales du volume du matériel somitique présomptif sont suivies d'une régulation permettant la formation de somites en nombre normal, caractéristique de l'espèce (Waddington et Deuchar, 1953).

ASPECT CHRONOLOGIQUE DE LA SEGMENTATION DU MÉSODERME SOMITIQUE

L'un des faits les plus saillants de la segmentation du mésoderme paraxial est la remarquable régularité selon laquelle les somites sont formés dans le temps.

Les résultats obtenus par comptage des somites de 20 embryons pour chaque stade permettent de construire les graphiques 1 et 2 exprimant le nombre de somites présents à chaque stade en fonction du temps, à la température constante de 20°C. Chacun de ces graphiques peut être divisé en deux portions distinctes correspondant l'une à l'apparition des somites du tronc, l'autre à la formation des somites de la queue.

Dans le tronc, les premiers somites sont formés rapidement. C'est ainsi que 8 somites s'isolent en 11 heures entre les stades 18 et 21 chez *Rana dalmatina* tandis que 12 somites sont formés en 13 heures (entre les stades II_{11} et III_1) chez *Bufo bufo* (figure 5). On observe ensuite sur les graphiques un point d'inflexion à partir duquel la vitesse de formation des somites est nettement ralentie (stade 21 et 22 chez la Grenouille, stades III_1 à III_8 chez le Crapaud). Il ne se forme plus alors que 5 somites en 16 heures dans la première espèce, 4 somites en 23 heures dans la seconde.

Dans la région caudale, la vitesse de formation des somites varie de façon comparable. Après une courte période

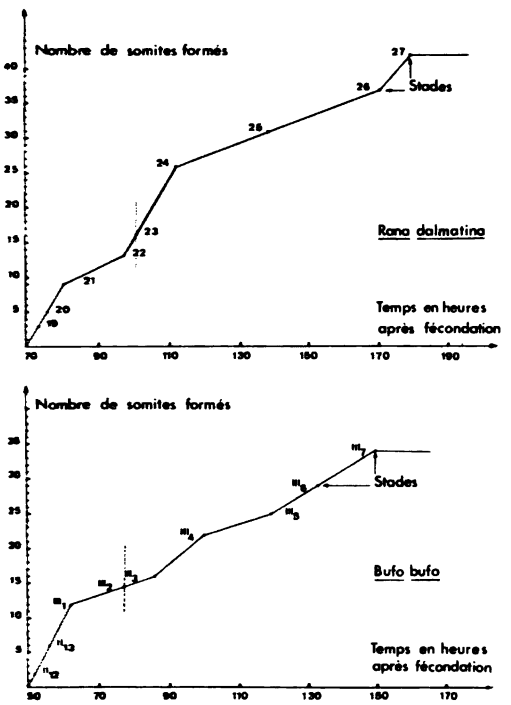


Figure 5. Nombre de somites présents à chaque stade en fonction du temps chez *Rana dalmatina* et *Bufo bufo.*

pendant laquelle cette vitesse est élevée (stade 22 à 24, 13 somites formés en 15 heures chez la Grenouille ; stades III_3 et III_4, 6 somites en 14 heures chez le Crapaud), un nouveau point d'inflexion est apparent sur le graphique (figure 5). Il correspond au moment auquel la segmentation a atteint l'extrémité caudale de l'embryon. Quelques somites se forment ensuite très lentement, au fur et à mesure de la croissance de la queue, aux dépens d'une mince couche de mésoderme somitique non segmenté résiduel.

Enfin, le nombre de somites caractéristiques de l'espèce est atteint rapidement, et définitivement fixé, tandis que la queue s'accroît (stades 26 et 27 chez *Rana dalmatina*, stades III_5 à III_7 chez *Bufo bufo*). Il persistera pendant la vie larvaire et se trouvera réduit, à la fin de celle-ci, au nombre des seuls somites troncaux, par suite de la disparition de la queue au moment de la métamorphose.

ASPECT MICROSCOPIQUE DE LA SEGMENTATION DU MÉSODERME SOMITIQUE

Aspect de la lame segmentaire avant la formation des somites

Le mésoderme somitique non encore segmenté est constitué par une lame de petites cellules polyèdriques dont l'aspect est identique à celui des cellules du mésoderme latéral. Ces cellules ne possèdent aucune orientation préférentielle, et semblent plutôt assemblées en désordre. Elle sont pourvues d'un noyau volumineux contenant de très nombreux grains de chromatine et un ou deux nucléoles réfringents (figure 6). Une faible proportion de ces cellules est en voie de mitose. Le cytoplasme des cellules de la lame segmentaire est rempli de plaquettes vitellines ovoïdes uniformément réparties au sein de celui-ci et ne possédant aucune orientation particulière (figure 6). Ces plaquettes sont moins abondantes dans le cytoplasme des cellules de Crapaud que dans celui des cellules de Grenouille.

Découpage de la lame segmentaire et formation des somites

Chez les deux espèces étudiées, les massifs somitiques s'isolent de la lame segmentaire par une sorte d'agrégation de leurs cellules constitutives, lesquelles laissent entre les somites successifs une lacune virtuelle qui sera colonisée ultérieurement par les myoseptes.

Les massifs ainsi formés possèdent, en coupe frontale, une forme presque circulaire dont le diamètre correspond aux dimensions de 8 à 10 cellules mésodermiques environ (figure 7). Celles-ci ont le même aspect que les cellules de la lame segmentaire non découpée.

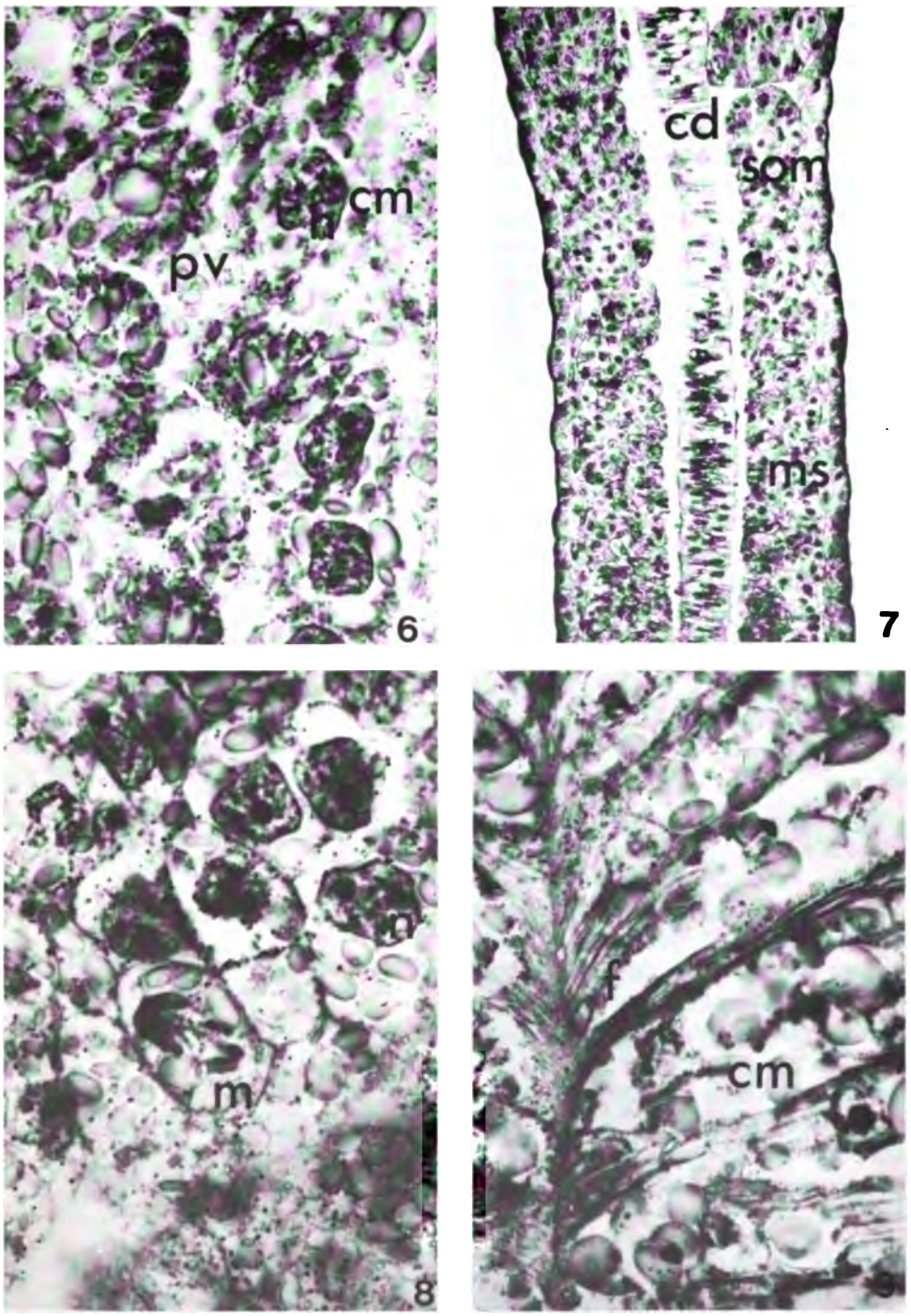


Figure 6. Aspect des cellules du mésoderme somitique non segmenté, *Rana dalmatina*, stade 22 (× 1185). Figure 7. Isolement des massifs somitiques, *Bufo bufo*, coupe frontale, stade III (× 126). Figure 8. Aspect des cellules somitiques après isolement de ceux-ci. Téiophase dans une cellule. *Rana dalmatina*, stade 25 (× 1185). Figure 9. Formation des myoseptes. Cellules somitiques émettant des fibres. *Rana dalmatina*, stade 28, coupe frontale (× 1285).

La densité des mitoses est nettement plus forte qu'au cours des stades précédents ; elle atteint 2 ou 3 mitoses par coupe sagittale de somite (figure 8). La fréquence des mitoses diminue ultérieurement, lorsque commence la différenciation du somite.

Colonisation des lacunes intersomitiques par les myoseptes

Dès la formation des premiers somites, des fibres de collagène sont présentes dans les espaces intersomitiques. Ces fibres associées en faisceaux constituent les myoseptes.

L'absence de toute cellule conjonctive entre les somites nous conduit à penser que ces fibres sont originaires des cellules somitiques elles-mêmes. Cette hypothèse paraît être confirmée par l'observation de nombreuses cellules somitiques émettant par toute leur surface une substance fibreuse comparable aux filaments de collagène (figure 9). Ces fibres s'insinuent entre les cellules somitiques, puis s'accolent les unes aux autres pour former des lames rigides (les myoseptes) qui s'ancrent solidement d'une part sur la corde dorsale, d'autre part sur la basale de l'épiderme, assurant ainsi la solidarité du système musculo-squelettique larvaire.

Discussion et conclusions

Comme chez tous les Vertébrés, la segmentation du mésoderme paraxial a pour conséquence le découpage de celui-ci en blocs somitiques s'isolant successivement dans l'espace et dans le temps. Ce processus de segmentation, originaire de la région nucale de l'embryon, s'étend de proche en proche en direction caudale.

Cette segmentation possède des caractères communs aux deux espèces que nous avons étudiées mais différents de ceux obtenus chez d'autres Amphibiens.

En effet, chez le Xénope (*Xenopus laevis*), Hamilton (1969) a montré que la formation des somites s'effectue par rotation de 90° autour d'un axe vertical des blocs somitiques successifs. D'autre part, ceux-ci sont pourvus d'une cavité initiale très petite: le prémyocoele (analogue au myocoele, vaste, rencontré chez d'autres Vertébrés, Sélaciens en particulier). Un tel mode de formation des somites, et la présence d'une cavité intra-somitique n'ont pas été retrouvés chez les deux espèces étudiées. Nous n'avons pas observé non plus la disposition des cellules somitiques « en rosette » décrite par Balfour (1885) ni la délamination du somite en deux feuillets externe et interne.

La segmentation du mésoderme somitique nous apparaît comme soumise à des phénomènes d'adhésivité sélective des cellules somitiques : certaines cellules, manifestant une adhérence réciproque élevée, se groupent pour constituer un somite, tandis qu'elles perdent leur affinité pour les cellules des somites adjacents. Les lacunes ainsi formées sont colonisées secondairement par des fibres se groupant en une lame résistante : le myosepte.

Le découpage de la lame segmentaire aboutit à la formation de somites qui ont toujours la même forme et la même taille, et qui possèdent vraisemblablement un nombre constant de cellules. Tout se passe comme si les massifs somitiques étaient « capables de compter » leurs propres cellules. À ce propos, nous avons noté l'existence de nombreuses mitoses dans les somites nouvellement formés. Ces mitoses ont vraisemblablement pour résultat de contrôler le nombre de cellules à l'intérieur du somite et d'« ajuster » ce nombre au modèle spécifique.

En effet, Waddington et Deuchar (1953) ont démontré l'existence d'un mécanisme régulateur de la segmentation qui contrôle la forme, la taille et le nombre des somites. Cette régulation peut être rapprochée des résultats de Fankhauser (1945) démontrant que les Tritons haploïdes ont un plus grand nombre de cellules (plus petites) que les Tritons diploïdes normaux, tandis que les Tritons triploïdes ont un plus petit nombre de cellules (géantes) que les Tritons normaux. Ainsi la taille et le nombre de cellules par embryon restent liés par un rapport étroit. Un tel mécanisme de régulation quantitative existe vraisemblablement aussi à l'intérieur des somites des Anoures.

Le problème principal du découpage de la lame segmentaire subsiste toutefois, puisque les facteurs qui déterminent la formation strictement périodique des blocs somitiques successifs demeurent encore inconnus. Des recherches expérimentales sur ce sujet sont actuellement entreprises dans notre laboratoire.

Dès que les somites sont édifiés, ils entrent dans une nouvelle phase de leur développement et se différencient en trois éléments distincts : myotome, dermatome, sclérotome. La description de la différenciation des somites et de l'évolution des trois formations qui en résultent sera publiée prochainement.

Remerciements

Nous remercions très vivement le professeur R. Cambar qui a bien voulu relire notre manuscrit.

Références

BALFOUR, F.M., 1885. A treatise on comparative embryology. Vol. 2 : Vertebrata (Vol. 3 of Memorial Edition of Works of F.M. BALFOUR) Macmillan, London. *in* BRACHET, A., 1935. *Traité d'Embryologie des Vertébrés.* Masson, Paris, 690 p.

CAMBAR, R. et J.D. GIPOULOUX, 1956. Table chronologique du développement embryonnaire et larvaire du Crapaud commun : *Bufo bufo* L. *Bull. biol. Fr. Belg.*, 90, 198-217.

CAMBAR, R. et B. MARROT, 1954. Table chronologique du développement de la Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.). *Bull. biol. Fr. Belg.*, 88, 168-177.

DEUCHAR, E.M. et A.M.C. BURGESS, 1966. Somite segmentation in Amphibian embryos : is there a transmitted control mechanism ? *J. Embryol. exp. Morph.*, 17, 349-358.

FANKHAUSER, C., 1945. The effect of change in chromosome number on Amphibian development. *Q. Rev. Biol.*, 20, 20-78.

HAMILTON, L., 1969. The formation of somites in *Xenopus. J. Embryol. exp. Morph.*, 22, 253-264.

MAURER, F., 1982. Der Anfban und die Entwicklung der ventralen Rumpfmuskulatur bei den Urodelen Amphibien und deren Behiehung zuden gleichen Muskeln der Selachier und Teleostier. *Morph. Jb.*, 18, 76-179.

STEARNS, R.N. and A.B. KOSTELLOW, 1968. Enzyme induction in dissociated embryonic cell, in : Chemical basis of development Mac Elroy and Glass, Baltimore, 934 p.

WADDINGTON, Ch. and E.M. DEUCHAR, 1953. Studies on the meristic segmentation. I — The dimensions of somites. *J. Embryol. exp. Morph.*, 1, 349-356.

Naturaliste can., 100 : 33-49 (1973).

INTERFERTILITÉS ET POLARITÉS CHEZ LES *SCYTINOSTROMA* SANS BOUCLES (BASIDIOMYCÈTES *LACHNOCLADIACEAE*) [1]

Paule LANQUETIN

Laboratoire de mycologie associé au C.N.R.S., Université Claude Bernard, 43, Boulevard du 11 Novembre 1918, F69621 Villeurbanne, France

Résumé

Dans le complexe des *Scytinostroma* à spores sphériques lisses et amyloïdes, l'existence d'au moins 3 espèces interstériles est démontrée : *S. duriusculum* (Berk. et Br.) Donk, *S. portentosum* (Berk. et Curt.) Donk et *S. hemidichophyticum* Pouz. La tétrapolarité des deux dernières est établie. Dans l'étude — très rarement réalisée — de ces polarités d'espèces sans boucles, l'auteur met en évidence la présence de zones hétérocaryotiques sur la ligne de contact des confrontations de monospermes ayant le facteur « B » commun et le facteur « A » différent.

Abstract

Within the *Scytinostroma* complex having smooth, spheric and amyloid spores, the existence of at least three intersterile species is demonstrated : *S. duriusculum* (Berk. et Br.) Donk, *S. portentosum* (Berk. et Curt.) Donk et *S. hemidichophyticum* Pouz. The tetrapolarity of the last two species is proved. In this study — rarely realised — of the polarity of species without clamp connections, the author shows the evidence of heterocaryotic zones on the contact line of monosperm confrontations which have a common factor « B » but a different factor « A ».

Introduction

Le genre *Scytinostroma* est bien caractérisé par ses hyphes à paroi épaisse et dextrinoïde, très peu ramifiées et souples en comparaison des dichophyses plus rigides des *Vararia*, genre très apparenté de la même famille. À l'intérieur de ce genre *Scytinostroma*, la spore permet aisément de distinguer deux ensembles :

1°) les *Scytinostroma* à spores non amyloïdes :
- — spores ellipsoïdes : *S. odoratum* (Fr.), *ochroleucum* (Bres. et Torrend)
- — spores fusoïdes : stirpe *praestans* Jacks., *S. luteolum* Boid.

2°) les *Scytinostroma* à spores amyloïdes ; dans ce groupe, la spore reste un caractère différentiel de première importance :
- — spore asperulée de *S. arachnoideum* (Peck).
- — spore ellipsoïde de *S. galactinum* (Fr.) : cette spore toujours décrite comme non amyloïde est en fait faiblement mais sûrement amyloïde avec « plage ventrale » ou « plaque supra-apiculaire » plus iodophile. Nous avons pu faire cette observation tant sur les spécimens américains que sibériens et français.
- — spore sphérique lisse des *S. portentosum* (Berk. et Curt.) *hemidichophyticum* Pouz., *duriusculum* (Berk. et Br.) et *cystidiatum* Boid.

Mais la spore très semblable dans ces quatre dernières espèces ne permet aucune distinction et les auteurs expriment

[1] Ce travail est la première partie d'une thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard, mention sciences naturelles.

souvent des doutes quant à leur validité. Pour nous, les cystides très différenciées de *S. cystidiatum* semblent un caractère spécifique de valeur. Nous n'avons pu malheureusement disposer de cultures de cette espèce, à ce jour seulement pakistanaise.

S. portentosum et *S. duriusculum* se différencient selon P.H.B. Talbot (1951) par la présence de gloeocystides dans le deuxième. Mais J. Boidin (1958, p. 84, figure 17), grâce aux réactifs sulfoaldéhydiques, signale la présence de gloeocystides dans *S. portentosum*. Aussi nous fait-il part en 1960, de son hésitation à choisir le nom de *S. duriusculum* plutôt que *S. portentosum* pour les spécimens congolais (Zaïre). À l'heure actuelle, la seule différence entre ces deux *Scytinostroma* semble résider dans la répartition géographique, *S. duriusculum* appartenant aux régions subtropicales à équatoriales et *S. portentosum* aux régions tempérées. À ce propos, E. Parmasto (1971) écrit (p. 142) au sujet de *S. portentosum* : « Many of the localities of this species mentioned in literature may belong to *S. hemidichophyticum* and *S. duriusculum* . . . , if these species are really independent ones at all. » *S. hemidichophyticum*, espèce décrite d'Europe centrale par Pouzar (1966), a des spores et des caractères microscopiques identiques aux deux *Scytinostroma* précédents. Contrairement à ce que dit son auteur (1966, p. 219), les récoltes tchèques comme les récoltes françaises possèdent aussi des gloeocystides. Sa répartition géographique est encore mal déterminée. Le seul caractère spécifique est l'aspect particulier de ses hyphes dextrinoïdes qui rappellent plus ou moins les dichophyses des *Vararia*. Cependant E. Parmasto (1971) émet des doutes quant à l'autonomie de cette espèce. La différenciation des hyphes dextrinoïdes, seul critère spécifique de *S. hemidichophyticum* par rapport à *S. portentosum* et *S. duriusculum*, lui paraît sujette à caution et il écrit (p. 141) : « This species is very similar to *S. portentosum* ; they are not always easily distinguishable, especially the Far East specimens are almost intermediate . . . It is necessary to investigate the annual changes in the structure of hymenium and sporulation of both species in order to establish whether they are no more than different phaenological states of only one species ». H. Jahn (1971) semble également douter de l'autonomie de *S. hemidichophyticum* Pouz. au sujet duquel il écrit (p. 133) : « ist *S. portentosum* ausserordentlich ähnlich » et à la suite de cette remarque, il croit partager son opinion sur l'espèce avec celle de Parmasto (1971).

Il est évident que dans l'état actuel de nos connaissances, ces 3 dernières espèces de *Scytinostroma* ne sont pas clairement différenciables et qu'un doute même existe quant à leur individualité. La systématique traditionnelle se révèlant impuissante à résoudre le problème soulevé par la différenciation de ces trois espèces, nous avons eu le désir d'apporter sur ce sujet de nouvelles données objectives basées sur des critères biologiques. Boidin (1958) a déjà contribué à la connaissance de certains caractères biologiques de ces espèces. En 1958, il établit les caractères culturaux et cytologiques de *S. portentosum*, en 1967, dans un travail dont il a bien voulu nous confier la partie technique, il publie ceux de *S. duriusculum* et conclut (p. 31) à une grande ressemblance des deux espèces en culture, mise à part par la vitesse de croissance.

Aujourd'hui, à ces renseignements acquis, nous ajoutons l'étude détaillée des mycéliums de S. *hemidichophyticum* et

nous apportons des précisions sur ceux de *S. portentosum* et *S. duriusculum.*

Matériel et méthodes

Pour les techniques et les milieux de culture utilisés, se reporter à J. Boidin, 1958.

Après avoir adapté aux espèces hétérothalles sans boucles, la technique des tests d'interfertilité habituellement appliquée aux espèces hétérothalles bouclées, nous ferons appel à ce critère pour fournir des arguments objectifs sur le problème de l'existence, mise à part *S. cystidiatum,* d'un ou de plusieurs *Scytinostroma* sans boucles, à spores sphériques, lisses et amyloïdes.

Enfin, nous avons pensé que l'utilisation des mêmes techniques associant appariement et étude de l'état nucléaire des mycéliums pouvait permettre d'envisager la recherche du type de polarité de ces champignons non bouclés.

Nouvelles données sur les caractères biologiques des *Scytinostroma* sans boucles

Étude des mycéliums de *S. hemidichophyticum* Pouz.

L'auteur de cette espèce a bien voulu confirmer la détermination de la première récolte française identifiée à *S. hemidichophyticum* : LY 5787, sur *Fagus silvatica,* Massif de la Ste-Baume (Var) le 11 février 1967, leg. A. David, det. J. Boidin. De cette récolte nous avons seulement obtenu une culture polysperme, la dispersion des spores n'ayant donné aucun résultat malgré des tentatives répétées. Une deuxième récolte : LY 6393, même support et même lieu, le 28 décembre 1968, nous a permis d'obtenir de nombreux monospermes et de faire l'étude complète des mycéliums. Enfin à partir d'une troisième récolte : LY 6592, sur feuillu, la Ste-Baume (Var), le 10 avril 1971, leg. A. David et det. P. Lanquetin, malgré une abondante sporée et une dispersion effectuée le jour même, nous n'avons pu obtenir que deux cultures monospermes.

GERMINATION

La spore binucléée émet un ou plusieurs tubes germinatifs dont les articles sont parfois à 1 noyau, 3 noyaux et même 5 noyaux ; mais le plus souvent ils sont binucléés. Dans ce cas il ne s'agit pas de dicaryons, les articles binucléés peuvent donner 2 articles à 1 noyau ou après division, 1 article à 3 noyaux et 1 article à 1 noyau.

MONOSPERME

Sur 30 germinations, isolées 13 jours après la dispersion des spores de LY 6393, 25 se sont développées très lentement. L'étude cytologique de dix cultures monospermes, au moyen de la coloration à l'hématoxyline ferrique révèle pour neuf d'entre elles des articles uninucléés et pour une seule à côté de zones constituées d'articles uninucléés, une zone présentant des articles uni, bi- ou trinucléés. La coloration à l'hématoxyline ne donnant pas ses excellents résultats habituels, nous avons essayé la technique au Giemsa L qui a fourni de très belles colorations donnant des résultats indiscutables. Cette technique présente de plus l'avantage de mettre en évidence simultanément noyaux et cloisons, permettant ainsi l'exploration totale et rapide d'une culture sur lame.

Une nouvelle étude cytologique des dix cultures monospermes LY 6393 colorées par le réactif de Giemsa L a permis d'observer alors dans chacune de ces cultures, à côté d'une très grande majorité

d'articles uninucléés, quelques articles à 2-3-4- et 5 noyaux, ces derniers sont isolés ou plus rarement groupés en courtes séries. Autour des boutures, des éléments chlamydosporoïdes uninucléés germent en donnant un mycélium uninucléé avec de rares articles bi-, tri- ou tétranucléés.

POLYSPERME (LY 5787, LY 6393, LY 6592)

Croissance : très lente à extrêmement lente

Aspect : marge lobée, appliquée. Le mycélium aérien toujours blanc, peu abondant à la marge, devient ensuite plus dense, feutré, appliqué dans les parties âgées et sur la bouture ; dessous inchangé ; odeur nette, fruitée. Nos cultures sont faites comme à l'habitude sur milieu de Nobles (Malt-Difco). Sur milieu de Hagem, nous avons noté dans toutes les cultures une odeur très caractéristique de naphtaline.

Microscopie :

Marge : elle est formée d'hyphes serrées, x2,5 - 4 μ, à cloisons simples, à rameaux devenant vite parallèles aux hyphes.

Mycélium aérien : les hyphes sont régulières x1,5 - 4 μ, à paroi mince, sans boucles, à rameaux souvent perpendiculaires. De nombreuses hyphes ont une gaîne continue, sublisse, cristalline, très biréfringente, facilement observable dans l'eau. Des éléments nombreux, plus ou moins renflés, au contenu guttulé, intercalaires ou naissant comme des diverticules, latéraux élargis sont observés. De forme très variable, fusoïdes, ovoïdes, ou difformes, à paroi souvent épaissie, ces éléments sont des gloéocystides qui réagissent positivement dans le mélange sulfo-anisique. Elles atteignent 60 x 10 μ.

À six semaines, les cultures conservées à la lumière durant toute leur croissance présentent des hyphes congophiles, dextrinoïdes (caractéristiques des *Scytinostroma*), ayant une nette tendance à la ramification dichotomique. Les cultures développées à l'obscurité ne possèdent pas toutes des hyphes dextrinoïdes mais un certain temps de conservation supplémentaire à la lumière suffit pour les faire apparaître. Des cultures secondaires, isolées de la culture principale, indiquant vraisemblablement l'existence d'éléments de dispersion, apparaissent aussi bien sur milieu solide en boite de Pétri que sur lame sous pellicule de collodion. L'origine de ces foyers secondaires pourrait être imputée à des formations renflées, subsphériques x 6 - 7 μ de diamètre (mais atteignant parfois 17 μ de diamètre) notées dans les cultures. Dans ces éléments le cytoplasme se concentre par contraction et la paroi s'épaissit en devenant congophile. Ces éléments semblent bien être des chlamydospores atypiques car le vide produit habituellement au cours de la formation d'une chlamydospore n'a pu être observé ici que dans un très petit nombre de cas.

Mycélium submergé : hyphes régulières, étroites, sans boucles, x 1 - 2 μ, atteignant parfois 3,5 - 4 μ de diamètre. Toutes les hyphes sont à paroi mince, non congophile.

Comportement nucléaire : les hyphes sont constituées d'articles le plus souvent binucléés mais parfois à 1, 3 ou 4 noyaux. Ces derniers articles assez rares, sont isolés ou groupés en courtes séries. Nous avons observé quelques divisions conjuguées. Autour des boutures polyspermes, des éléments chlamydosporoïdes binucléés germent en donnant un mycélium aux articles binucléés, avec quelques exceptions (articles uni-, tri- ou tétranucléés).

Oxydases :

Acide gallique : +++++ , O
Gaïacol : +++++ , O
Paracrésol : — , lait blanc
Tyrosine : — , tr. à +++ , O

CODE [2] : 2a (b) - 6 - 8d - 12 - 15 - 26 - 34 - 36 - 38 - 47 - 50 - 53 - 54 - 60 [3] - 62.

DISCUSSION

De l'étude précédente, il ressort que les caractères culturaux de *S. hemidichophyticum* sont assez semblables à ceux de *S. duriusculum* et *S. portentosum*. Les seules différences mises en évidence sont sa vitesse de croissance légèrement plus faible que celle de *S. portentosum* et nettement plus faible que celle de *S. duriusculum*, la présence d'éléments chlamydosporoïdes, et enfin la tendance de ses hyphes congophiles et dextrinoïdes à une ramification plus ou moins dichotome. Le comportement nucléaire de type subnormal mais avec quelques irrégularités (articles à 1 ou à 3 - 4, exceptionnellement 5 ou 6 noyaux), est identique à celui observé dans maintes cultures mono- et polyspermes de *S. portentosum* et *S. duriusculum* d'origines géographiques très diverses (ces anomalies n'avaient pas été remarquées par J. Boidin en 1958 et 1967). En bref, les trois espèces sont hétérothalles sans boucles, à comportement nucléaire subnormal (Boidin, 1964).

Toutefois, après une étude comparative des mycéliums de ces trois *Scytinostroma* sur milieu de Nobles et de Hagem, nous avons pu, malgré leur grande ressemblance, établir de légères différences qui se sont révélées constantes. Ces particularités ajoutées à celles observées dans la morphologie des carpophores et dans la répartition géographique, sont résumées dans le tableau I.

Néanmoins, nous estimons que ces faibles différences ne suffisent pas pour différencier sûrement les trois espèces. L'étude cytologique ayant établi de manière irréfutable leur hétérothalie, nous avons pensé à la possibilité de faire appel au critère d'interfertilité dont l'intérêt pour la délimitation spécifique objective des Basidiomycètes n'est plus à démontrer. Dans la pratique actuelle du test d'interfertilité, les espèces étant bouclées, l'apparition de mycélium dicaryotique, dans les confrontations d'haplontes appartenant à une même espèce, est facilement mise en évidence par l'observation des boucles dans le mycélium prélevé sur la ligne de contact et sur les mycéliums diploïdisés. Pour les espèces hétérothalles sans boucles, nous avons pensé qu'il devait également se former dans les confrontations de monospermes appartenant à une même espèce, un mycélium dicaryotique dont la présence pourrait être mise en évidence — sinon avec autant de facilités — du moins avec une égale certitude — par l'étude cytologique du mycélium formé au contact des cultures monospermes.

Tests d'Interfertilité entre espèces hétérothalles sans boucles

MÉTHODE EMPLOYÉE

Réalisation du test d'interfertilité

Tous les monospermes devant être utilisés dans un test d'interfertilité sont repiqués sur milieu de Hagem liquide. Environ huit jours après, à partir de chaque bouture sur milieu liquide, une culture sur lame, sous collodion, est ensemencée et incubée en chambre humide.

---

[2] Nous proposons de compléter le code de Nobles (1965) en ajoutant les subdivisions :

8d — Fibres *dextrinoïdes* type *Scytinostroma*.

25d — Dichophyses *dextrinoïdes* type *Vararia*.

19 — Asterophyses *dextrinoïdes* caractéristiques des *Asterostroma*.

[3] Voir plus loin p. 45.

Lorsque la croissance est jugée suffisante (six à dix jours après pour les *Scytinostroma*) — c'est-à-dire lorsque la bouture placée sous collodion est entourée d'une couronne de 0.5 à 1 cm de rayon — les cultures sont fixées au sublimé-acétique, puis séchées à 80°. Après décollodionnage dans un mélange à volume égal d'acétone et d'éther, la coloration au Giemsa L permet de voir si les cultures sont bien constituées d'articles en très grande majorité uninucléés, c.à.d. monospermes. Les confrontations sont ensuite effectuées en boîtes de Pétri, sur milieu de Nobles gélosé. Dans chaque boîte de confrontation, deux ou trois mois après la date de rencontre des mycéliums, un fragment de culture est prélevé sur la ligne de contact et ensemencé sur Hagem liquide. Les cultures sous collodion et les colorations au Giemsa L. sont ensuite effectuées comme nous l'avons exposé pour la vérification des monospermes. Si l'étude cytologique des prélève-

TABLEAU I

Différences observées entre *S. duriusculum*, *S. portentosum* et *S. hemidichophyticum*

Espèce	*Carpophores examinés*	*Mycéliums*	*Répartition géographique des spécimens examinés*
S. duriusculum	*teinte pâle* Hyphes dextrinoïdes peu ou pas ramifiées	Croissance *moyenne à lente* Fibres dextrinoïdes peu ramifiées *Ne colore jamais* le Hagem gloeocystides étroites à paroi mince	Régions subtropicales à équatoriales : Afrique Centrale Martinique, Argentine, Texas
S. portentosum	Hyphes dextrinoïdes peu ou pas ramifiées sur bois ou écorce *dressés*	Croissance très lente Fibres dextrinoïdes peu ramifiées *Teinte* très souvent *le Hagem en jaune* gloeocystides étroites à paroi mince	Régions tempérées
S. hemidichophyticum	odeur de naphtaline à l'état frais Hyphes dextrinoïdes à *ramifications* fréquemment *dichotomes* sur bois mort au sol	Croissance très lente à extrêmement lente Fibres dextrinoïdes à ramifications *subdichotomes* *Odeur de naphtaline* sur Hagem, (milieu parfois coloré en brun rougeâtre) Présence de *gloeocystides* renflées, vesiculeuses, *à paroi épaissie* et *de forte taille* Présence *d'éléments de dispersion* de type chlamydospores	Régions tempérées (Tchécoslovaquie, France, Maroc, Colombie britannique, U.R.S.S. asiatique)

ments révèle des articles en très grande majorité binucléés, le test est dit positif et les cultures en présence sont dites interfertiles. Si la coloration au Giemsa met en évidence des articles presqu'uniquement uninucléés, le test est considéré comme négatif. Mais des prélèvements ultérieurs après de plus grands temps de contact sont à leur tour étudiés. Nous considérons comme négatifs des résultats ainsi répétés. Pour les observations effectuées sur des confrontations âgées de six mois ou plus, le prélèvement de culture sur la ligne de contact est d'abord repiqué sur milieu de Nobles gélosé afin d'ensemencer ensuite sur Hagem liquide une bouture de mycélium jeune qui se développera plus aisément.

Utilisation du phénomène de Buller

Pour apparier les récoltes dont nous n'avons pu obtenir qu'une culture polysperme, nous avons fait appel au phénomène de Buller. Les confrontations diplonte-haplonte sont effectuées selon le même processus que pour les espèces bouclées (cf. J. Boidin et M. Des Pomeys, 1961, p. 252). Après la date de rencontre des deux mycéliums, un délai assez long est observé, environ trois mois. Ensuite des prélèvements sont effectués dans la zone de croissance du monosperme, la plus éloignée de la ligne de contact diplonte-haplonte. Comme pour les tests d'interfertilités, les résultats des confrontations nécessitent l'étude cytologique de ces prélèvements. Si le mycélium formé par les boutures prélevées dans la surface occupée par le monosperme, est constitué d'articles binucléés, il y a eu diploïdisation. Les cultures mises en présence sont considérées comme interfertiles et appartenant à la même espèce. Si au contraire le mycélium est formé d'articles uninucléés la confrontation est dite négative. Plus encore que pour les tests d'interfertilités, avant de pouvoir déduire des indications valables de ces résultats négatifs, ils doivent être obtenus de nombreuses fois avec des cultures monospermes sélectionnées pour leur grande réceptivité.

Afin d'éprouver les techniques décrites ci-dessus pour les espèces hétérothalles sans boucles, nous avons en premier lieu tenté la vérification de l'interfertilité des différentes souches de chaque espèce.

Dans l'expression des résultats de ces confrontations, nous ne tiendrons pas compte des petites irrégularités cytologiques observées d'ailleurs dans les cultures haploïdes, comme dans les cultures diploïdes. Nous indiquerons « binucléé » ou plus simplement « 2 » si le mycélium des boutures prélevées à la ligne de contact est constitué d'articles en très grande majorité binucléés et « uninucléé » ou « 1 » si dans la presque totalité, les articles sont uninucléés.

ESSAIS D'INTERFERTILITÉ ENTRE DIFFÉRENTES SOUCHES D'UNE ESPÈCE HÉTEROTHALLE SANS BOUCLES

1) *Essais d'interfertilité entre nos souches de S. portentosum*

Les cultures utilisées ont été obtenues à Lyon à partir des récoltes suivantes :

LY 702 – Mens (Isère), le 1er mai 1952, leg. L. Oddoux, det. J. Boidin

LY 5738 – sur *Quercus coccifera*, Rochefort du Gard (Gard), le 25 octobre 1966, leg. M. Besson, det. J. Boidin.

LY 6472 – sur *Salix*, Étang de Moras, Cremieu (Isère), le 1er mars 1970, leg. A. David, det. P. Lanquetin.

LY 6594 – sur *Vitis vinifera*, route d'Espeluche à Montélimar (Drôme) le 12 avril 1971, leg. et det. P. Lanquetin.

Toutes les confrontations sont effectuées entre cultures monospermes. Pour chacune de ces confrontations, nous avons étudié cytologiquement 3 à 6 boutures.

6472 / 1 x 5738 / A – binucléé
6472 / 1 x 5738 / C – "
6472 / 2 x 5738 / A – "
6472 / 2 x 5738 / C – "
6472 / 3 x 5738 / A – "
6472 / 3 x 5738 / C – "
6472 / 4 x 5738 / A – "
6472 / 4 x 5738 / C – "

Les deux récoltes LY 6472 et LY 5738 originaires de l'Isère et du Gard sont donc interfertiles.

6472 / 1 x 702 / C – binucléé
6472 / 8 x 702 / C – "
6472 / 26 x 702 / C – "
6472 / 7 x 702 / C – "

Les *S. portentosum* LY 6472 et LY 702 récoltés en deux points éloignés du département de l'Isère sont interfertiles.

6594 / 1 x 6472 / 1 – binucléé
6594 / 1 x 6472 / 2 – "
6594 / 2 x 6472 / 1 – "
6594 / 1 x 5738 / A – "
6594 / 1 x 5738 / C – "
6594 / 2 x 5738 / C – "

S. portentosum LY 6594 récolté dans la Drôme se révèle interfertile avec les spécimens LY 6472 originaire de l'Isère et LY 5738 originaire du Gard.

En conclusion, les quatre récoltes françaises de *S. portentosum* sont interfertiles.

2) *Essais d'interfertlité entre plusieurs récoltes de S. duriusculum*

Les différentes souches employées ont été obtenues à Lyon à partir des récoltes suivantes :

LY 5027 – Bord de rivière entre La Jossand et Le Marin, Fort de France (Martinique), le 7 janvier 1965, leg. Père Pinchon et det. J. Boidin.

LY 5515 – sur branches et troncs, Bopenda, plantation de la S.E.N.A. (République centrafricaine), le 20 mai 1965, leg. et det. J. Boidin.

LY 5682 – sur bois sec dans le sol, Saenz Perra, 20 km E, Chaco (Argentine), le 24 avril 1966, leg. E. Gomez nº 1075, det. J. Boidin.

LY 5692 – route de Tafi del Valle, km32, Tucuman (Argentine), le 20 avril 1966, leg. E. Gomez nº 1011, det. J. Boidin.

Confrontations entre haplontes :

5027 / 1 x 5682 / B – binucléé
5027 / 2 x 5682 / B – "
5027 / 3 x 5682 / B – "

La récolte martiniquaise LY 5027 est donc interfertile avec la récolte d'Argentine LY 5682. Profitant de ces résultats positifs, nous avons répété ces confrontations avec les mêmes souches, mais cette fois entre diplonte et haplonte (phénomène de Buller).

Confrontations entre diplonte x haplonte :

5682 x 5027 / 1 – binucléé
5682 x 5027 / 2 – "
5682 x 5027 / 3 – "

Cet essai nous ayant donné des résultats positifs aussi nets que les précédents, nous avons fait appel au phénomène de Buller pour confronter les récoltes LY 5692 d'Argentine et LY 5515 de République centrafricaine, dont nous ne possèdons qu'une culture polysperme.
Confrontations diplonte x haplonte :

5692 x 5682 / B – binucléé
5692 x 5027 / 1 – "
5692 x 5027 / 2 – "
5692 x 5027 / 3 – "
5515 x 5027 / 1 – "
5515 x 5027 / 2 – "
5515 x 5027 / 3 – "

Conclusion : Les récoltes de République centrafricaine LY 5515, de la Martinique LY 5027 et celles d'Argentine

LY 5682 et LY 5692 sont donc interfertiles et le même *Scytinostroma duriusculum* est donc présent en Afrique équatoriale et en Amérique chaude. C'est dans cette aire géographique que Rick a décrit *Stereofomes resupinatus* Rick qui selon J. Boidin serait cette espèce.

3) *Essais d'interfertilité entre nos récoltes de S. hemidichophyticum*

Les cultures utilisées ont été obtenues à partir de récoltes dont nous avons précédemment donné toutes les références.

Confrontations entre monospermes :

6393 / 11 x 6592 / 1 – binucléé
6393 / 15 x 6592 / 1 – "
6393 / 11 x 6592 / 2 – "
6393 / 15 x 6592 / 2 – "

Confrontations diplonte x haplonte :

5787 x 6393 / 1 – binucléé
5787 x 6393 / 2 – "
5787 x 6393 / 3 – "
6592 x 6393 / 1 – "
6592 x 6393 / 5 – "

Nos trois récoltes françaises du midi sont donc interfertiles. À ces récoltes françaises, nous ajoutons deux plus anciennes récoltes marocaines que G. Malençon (1952) rapportait avec réserve à *Vararia pallescens* (Schw.), ayant bien remarqué la ramification des hyphes dextrinoïdes :

LY 3943 – sur *Quercus ilex* ; Michliffen, Ifrane, Moyen Atlas (Maroc), le 11 mai 1961, leg. G. Malençon.

LY 4768 – sur *Quercus faginea*, environs d'Ifrane, Moyen Atlas (Maroc), le 26 avril 1964, leg. R. Bertault et G. Malençon.

Ces spécimens récoltés avant la création de *S. hemidichophyticum* avaient été considérés par Boidin (notes personnelles), comme affines à *S. portentosum* mais distincts par leurs hyphes dextrinoïdes à ramifications fréquemment dichotomes. C'est après la publication de Pouzar que Boidin (1967) rapporte *V. pallescens sensu* Malençon à *S. hemidichophyticum.*

À partir des récoltes marocaines, nous avions pu obtenir quelques cultures monospermes conservées dans la mycothèque. Elles nous ont permis de confronter ces deux récoltes entre elles.

Confrontations entre haplontes :

3943 / A x 4768 / 5 – binucléé
3943 / A x 4768 / 7 – "
3943 / C x 4768 / 5 – "
3943 / C x 4768 / 7 – "

Les deux spécimens marocains sont interfertiles. Nous avons confronté l'un d'eux avec nos trois récoltes françaises.

Confrontations entre haplontes :

4768 / 5 x 6393 / 1 – binucléé
4768 / 7 x 6393 / 1 – "
4768 / 5 x 6393 / 2 – "
4768 / 7 x 6393 / 2 – "
4768 / 5 x 6592 / 1 – "
4768 / 7 x 6592 / 1 – "
4768 / 5 x 6592 / 2 – "
4768 / 7 x 6592 / 2 – "

Confrontations diplonte x haplonte :

5787 x 4768 / 5 – binucléé
5787 x 4768 / 7 – "

Conclusion : Nos récoltes françaises LY 5787, LY 6393, LY 6592 et les récoltes marocaines LY 3943 et LY 4768 sont donc interfertiles.

ESSAIS D'INTERFERTILITÉ ENTRE LES *SCYTINOSTROMA DURIUSCULUM, PORTENTOSUM* ET *HEMIDICHOPHYTICUM*

Les résultats sont exposés dans des tableaux indiquant le nombre et les types de confrontations effectuées ainsi que le nombre de boutures mycéliennes dont l'examen cytologique a donné le résultat inscrit dans la dernière colonne. Les lettres h. et d. placées devant le numéro

TABLEAU II

Confrontation entre *S. duriusculum* et *S. portentosum* (h : haplonte, d : diplonte)

Scytinostroma duriusculum		*Scytinostroma portentosum*	*Nombre des confrontations*	*Nombre de boutures observées*	*Résultat*
h.5027	x	h.5738	3	18	uninucléé
h.5027	x	h.6472	2	12	"
h.5027	x	h.6594	2	6	"
h.5682	x	h.6472	4	12	"
h.5682	x	h.6594	1	6	"
h.5027	x	d.6594	1	6	"
d.5692	x	h.5738	1	6	"
d.5692	x	h.6472	2	8	"
d.5515	x	h.5738	2	12	"
4 souches	x	3 souches	18	86	uninucléé

TABLEAU III

Confrontations entre *S. duriusculum* et *S. hemidichophyticum*

Scytinostroma duriusculum		*Scytinostroma hemidichophyticum*	*Nombre des confrontations*	*Nombre de boutures observées*	*Résultat*
h.5027	x	h.6393	8	32	uninucléé
h.5027	x	h.4768	4	16	"
h.5027	x	h.6592	4	12	"
h.5682	x	h.6393	2	8	"
h.5682	x	h.4768	2	8	"
h.5682	x	h.6592	1	4	"
h.5682	x	d.6592	1	6	"
d.5515	x	h.4768	1	6	"
d.5692	x	h.6393	1	6	"
4 souches	x	3 souches	24	98	uninucléé

de la culture permettent de distinguer respectivement haplontes et diplontes. Comme précédemment, pour chacune des confrontations effectuées entre deux souches données, nous avons choisi des haplontes différents.

Après les résultats positifs précédemment obtenus dans les confrontations des différentes récoltes de *S. duriusculum*, comme dans celles de *S. portentosum* et *S. hemidichophyticum*, ces résultats totalement négatifs permettent de conclure que l'espèce tropicale *S. duriusculum* est bien distincte des deux *Scytinostroma* récoltés dans les régions tempérées. Si *S. portentosum* et *S. duriusculum* sont difficiles à distinguer, notons cependant qu'actuellement leurs aires de répartition géographique — qui restent à préciser — ne se recoupent pas.

Les résultats négatifs obtenus dans toutes les confrontations effectuées entre nos différentes souches de *S. hemidichophyticum* et *S. portentosum* — souches qui se sont révélées interfertiles à l'intérieur d'une même espèce — permettent de conclure que les deux *Scytinostroma* des régions tempérées sont bien distincts. Ces tests confirment la différenciation de *S. hemidichophyticum* et *S. portentosum* basée sur la ramification des hyphes dextrinoïdes.

Le recours au critère d'interfertilité permettrait la détermination des récoltes dont les hyphes dextrinoïdes ne sont pas nettement différenciées. Personnellement nous n'avons pas récolté de tels spécimens, mais Parmasto (1971) signale du Far East asiatique des récoltes dont le type de ramification des hyphes dextrinoïdes est intermédiaire entre celui de *S. portentosum* et celui de *S. hemidichophyticum*. Il serait du plus haut intérêt de pouvoir disposer de tels spécimens *vivants* qui permettraient l'obtention des cultures indispensables pour pratiquer les tests d'interfertilité.

TABLEAU IV

Confrontations entre *S. hemidochophyticum* et *S. portentosum*

Scytinostroma hemidichophyticum		*Scytinostroma portentosum*	*Nombre des confrontations*	*Nombre de boutures observées*	*Résultat*
h.4768	x	h.5738	2	12	uninucléé
h.6393	x	h.5738	2	12	"
h.6393	x	h.6472	5	21	"
h.6592	x	h.6472	4	12	"
h.6393	x	h.6594	2	8	"
h.6393	x	d.6594	1	6	"
d.5787	x	h.5738	2	12	"
d.6592	x	h.6472	2	6	"
4 souches	x	3 souches	20	89	uninucléé

Notons cependant que Parmasto (1971, p. 141) déclare : « Most of our specimens of both species are sterile or almost so ». Il se peut donc que les spécimens jugés de type intermédiaire entre *S. portentosum* et *S. hemidichophyticum* soient simplement des spécimens immatures dont les hyphes dextrinoïdes, selon Pouzar (1966, p. 219) ne sont pas à ce stade suffisamment différenciées pour permettre une détermination certaine. Toutefois parmi les récoltes que nous a envoyées Parmasto, plusieurs spécimens fertiles, originaires de la région de Primorsk, sont à rapporter à *S. hemidichophyticum*.

Cas de deux cultures américaines

Sous le nom de *Scytinostroma portentosum*, deux cultures polyspermes américaines nous ont été aimablement envoyées par L.K. Weresub.

F 9283 – Holly Mt, Saanichton, B.C. (Canada), coll. J. Mounce 16.7.1939, det. H.S. Jackson.

DAOM 100.746 – Little Thicket Nature Sanct., San Jacinto, Texas (U.S.A.), 25.8. 1967, leg. et det. L. K. Weresub.

En faisant appel au phénomène de Buller, nous avons confronté ces deux cultures avec des haplontes appartenant aux trois espèces affines (tableau V).

TABLEAU V

Confrontations permettant l'identification de deux cultures américaines antérieurement rapportées à *S. portentosum*

Diplonte américain	x	*LY 6472 : S. portentosum*	*Résultats*
F9283	x	6472 / A_1B_1	1
"	x	" / A_1B_2	1
"	x	" / A_2B_2	1
"	x	" / A_2B_1	1
DAOM 100 746	x	6472 / A_1B_1	1
"	x	" / A_1B_2	1
"	x	" / A_2B_2	1
"	x	" / A_2B_1	1
Diplonte américain	x	*LY 6393 : S. hemidichophyticum*	
F9283	x	6393 / A_1B_1	2
"	x	" / A_1B_2	2
"	x	" / A_2B_2	2
"	x	" / A_2B_1	2
DAOM 100 746	x	6393 / A_1B_1	1
"	x	" / A_1B_2	1
"	x	" / A_2B_2	1
"	x	" / A_2B_1	1
Diplonte américain	x	*LY 5027 : S. duriusculum*	
F9283	x	5027 / 1	1
"	x	" / 2	1
"	x	" / 3	1
DAOM 100 746	x	5027 / 1	2
"	x	" / 2	2
"	x	" / 3	2

1 : uninucléé (confrontation négative) 2 : binucléé (confrontation positive)

Il apparaît donc que le spécimen F9283 est à rapporter à *S. hemidichophyticum*, non signalé à ce jour en Amérique, tandis que DAOM 100.746 est un *S. duriusculum*. Cette dernière espèce signalée par Patouillard (*in* Duss. 1903) des Antilles françaises, et certaine en Argentine (cf. plus haut) remonterait au moins jusqu'au Texas et aurait comme sur le vieux continent une répartition tropicale et subtropicale. La répartition géographique exacte de *S. duriusculum* et *S. hemidichophyticum* reste à préciser en Amérique, ainsi que celle de *S. portentosum* dont le type est originaire de Pennsylvanie.

En dehors de ces résultats objectifs, l'étude des *exsiccata* correspondant aux deux cultures précitées, confirme les déterminations obtenues par les tests d'interfertilités :

DAOM 100.746 a bien la couleur pâle de *S. duriusculum* et F 9283 possède bien les hyphes dichophytiques caractéristiques de *S. hemidichophyticum*.

CONCLUSION

L'examen de cette longue série de tests d'interfertilité montre que la régularité des résultats obtenus est tout à fait remarquable. Elle met en évidence la précision de cette technique et par là même, la confiance que l'on peut accorder aux renseignements qu'elle fournit. Malgré leur longue durée et les nombreux contrôles cytologiques qu'exige leur application, ces tests d'interfertilité présentent donc un grand intérêt pour la taxinomie des Basidiomycètes hétérothalles sans boucles.

Détermination de la polarité d'espèces hétérothalles sans boucles

Si nous possédons quelques renseignements sur la polarité des espèces bouclées de la famille des *Lachnocladiaceae* [un seul sur les *Scytinostorma* : *S. galactinum* IV selon White (1951) et deux chez les *Vararia* subg. *Dichostereum* : V. *effuscata* IV selon Nobles (1942) et *V. granulosa* II selon Maxwell (1954), malheureusement sur 11 monospermes seulement], nous ne savons rien de la polarité des espèces hétérothalles sans boucles. À notre connaissance, deux seules polarités d'espèces sans boucles ont à ce jour été publiées par Yen (1950) qui établit la tétrapolarité de *Collybia tenacella* Pers. au moyen de colorations cytologiques au Gram et celle de *Calocera cornea* Batsch grâce à l'apparition de fructifications dans les confrontations positives. Encouragée par la netteté des résultats obtenus précédemment dans nos essais d'interfertilité, nous avons tenté avec les mêmes techniques cytologiques utilisant le Giemsa, d'établir la polarité des *Scytinostroma* sans boucles, pour lesquels nous avons réussi à obtenir un grand nombre d'haplontes.

POLARITÉ DE *S. HEMIDICHOPHYTICUM* POUZ. (LY 6393)

Comme pour une espèce hétérothalle bouclée, le tableau de polarité d'une espèce sans boucles est obtenu en appariant deux à deux, dix cultures monospermes. Mais la vérification préalable des monospermes utilisés est ici effectuée au moyen de contrôles cytologiques comme nous l'avons exposé dans la méthode employée pour les tests d'interfertilité.

L'examen cytologique du mycélium prélevé sur la ligne de contact des confrontations âgées de trois mois, montre que dans certains prélèvements, le mycélium est totalement uninucléé, dans d'autres il est totalement binucléé, enfin dans un petit nombre de cas le mycélium en grande majorité uninucléé présente cependant des zones binucléées. Nous

avons alors attendu deux mois pour effectuer à nouveau sur la ligne de contact de toutes nos confrontations, des prélèvements dont l'étude cytologique a donné des résultats identiques à ceux que nous avions observés auparavant.

Pour exprimer ces résultats, les confrontations ayant formé à la ligne de contact, un mycélium totalement uninucléé seront notées : 1, celles qui ont donné un mycélium totalement binucléé seront notées : 2, enfin celles qui ont produit un mycélium uninucléé avec petits secteurs binucléés seront notées : (2).

Dans toutes les confrontations 2 et (2), nous avons alors observé le mycélium en des points opposés à la ligne de contact, dans les zones occupées par chacun des deux haplontes. Si dans les confrontations notées « 2 », les prélèvements entièrement binucléés montrent qu'il y a eu diploïdisation totale, il n'en est pas de même pour les confrontations

TABLEAU VI

Polarité de *S. hemidichophyticum* LY 6393

		A_1B_1				A_1B_2					A_2B_1
		1	6	8	10	2	3	4	5	9	7
A_1B_1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	(2)
	6			1	1	1	1	1	1	1	1
	8				1	1	1	1	1	1	(2)
	10					1	1	1	1	1	(2)
A_1B_2	2						1	1	1	1	2
	3							1	1	1	2
	4								1	1	2
	5									1	2
	9										2
A_2B_1	7										

1 : uninucléé 2 : binucléé 2 : zones hétérocaryotiques

TABLEAU VII

Polarité de *S. hemidichophyticum* LY 6393. Confrontations complémentaires

		A_1B_1	A_1B_2								A_2B_2			A_2B_1
		22	12	13	14	17	21	23	24	25	15	16	19	18
A_1B_1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	(2)
	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	(2)
A_1B_2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2*	2*	2*	2
A_2B_1	7	(2)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1

2* : résultat anormal, voir explication dans le texte

notées « (2) » où ces mêmes prélèvements restant toujours uninucléés (même dans des confrontations âgées de un an) démontrent la non-diploïdisation des monospermes.

Aussi nous a-t-il paru très probable que les secteurs binucléés observés dans les subcultures de prélèvements effectués seulement à la ligne de contact, pouvaient être, pour les espèces hétérothalles sans boucles, l'équivalent des zones hétérocaryotiques à fausses boucles observées dans certaines espèces tétrapolaires bouclées. Le tableau de polarité de LY 6393 peut alors s'exprimer selon le tableau VI.

Dans ce tableau, si arbitrairement nous désignons par A_1B_2 le pôle des haplontes 2-3-4-5-9, nous devons attribuer à l'haplonte 7 le pôle A_2B_1 et aux monospermes 1-6-8-10 le 3ème pôle A_1B_1. Pour l'identification du 4ème pôle, les 15 monospermes supplémentaires sont confrontés avec deux représentants des pôles A_1B_2 : n° 2 et 3, et A_1B_1 : n° 10 et 6 (pour ce dernier pôle nous choisissons volontairement le n° 6 car nous n'avons pas observé la formation d'hétérocaryons en 6 x 7) et avec 7, unique représentant du pôle A_2B_1. Le tableau VII donne le résultat de ces confrontations supplémentaires, et montre clairement que :

1) les haplontes 15-16-19 compatibles avec 6 et 10 de pôle A_1B_1, appartiennent donc au pôle A_2B_2. 4ème pôle identifié

2) l'haplonte 6 a le même comportement que le 10 = A_1B_1 et donne ici très normalement des hétérocaryons avec 18 de pôle A_2B_1

3) les n° 2 et 3, choisis comme représentants du pôle A_1B_2 donnent tous deux des résultats positifs avec 18 = A_2B_1. Mais l'haplonte 3 donne également des confrontations positives avec 15-16-19 de pôle A_2B_2. Ce monosperme n° 3 possède donc en double le facteur B (c.à.d. a la constitution $A_1B_1B_2$) ou bien résulte de la germination de deux spores incompatibles (A_1B_2 + A_1B_1).

Remarquons aussi que nous n'avons pas observé de zones hétérocarytiques dans les confrontations A_1B_2 x A_2B_2 : 2 x 15, 2 x 16, 2 x 19. Toutefois ceci ne paraît pas anormal si l'on tient compte du fait que chez les espèces bouclées, les zones hétérocaryotiques à fausses boucles disparaissent souvent en subcultures. Or nous sommes ici, toujours obligée de faire deux subcultures successives avant de pouvoir examiner cytologiquement les prélèvements effectués sur la ligne de contact. N'ayant obtenu que tardivement le 4ème pôle, nous avons tenu à en vérifier le comportement en confrontant les trois haplontes de pôle A_2B_2 avec de nouveaux représentants des pôles A_1B_1 et A_1B_2 (tableau VIII).

TABLEAU VIII

Polarité de *S. hemidichophyticum* LY 6393. Confrontations complémentaires

		A_1B_1			A_1B_2			
		1	8	22	4	5	9	24
A_2B_2	15	2	2	2	(2)	(2)		(2)
	16	2	2	2	(2)		1	(2)
	19		2	2	1		1	1

Ces résultats supplémentaires confirment le 4ème pôle et mettent en évidence la formation de mycélium hétérocaryotique dans 5 sur 9 confrontations de type A_1B_2 x A_2B_2 où précédemment nous n'en avions pas observé.

Conclusion : *S. hemidichophyticum* est une espèce tétrapolaire pouvant former des hétérocaryons dans les confrontations entre monospermes ayant le facteur « B » commun et le facteur « A » différent.

POLARITÉ DE *S. PORTENTOSUM* (BERK. & CURT.) DONK (LY 6472)

Après examen cytologique de quelques 300 subcultures sur lames nous pouvons affirmer que les monospermes de LY 6472 appartiennent à quatre pôles différents et se répartissent comme suit[4] :

A_1B_1 : 1* - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10 - 13 - 18 - 19 - 20 - 24 - 25 -

A_1B_2 : 7* - 9 - 11 - 12 - 22

A_2B_2 : 8* - 14 - 15 - 16 - 17 - 21 - 23 - 29

A_2B_1 : 26 - 27 - 28 - 30 - 31 -

D'autre part, nous avons observé des zones hétérocaryotiques dans le mycélium prélevé sur la ligne de contact de

4 (sur 11) confrontations :
A_1B_2 x A_2B_2

et 4 (sur 10) confrontations :
A_1B_1 x A_2B_1

Conclusion : *S. portentosum* est donc une espèce tétrapolaire susceptible de former des hétérocaryons dans les confrontations d'haplontes ayant en commun le seul facteur « B ».

Conclusion

Malgré l'absence de boucles, nous avons pu — pour la première fois à notre connaissance — et grâce à des techniques cytologiques, utiliser la méthode des tests d'interfertilité.

Après les résultats positifs des confrontations faites entre les différentes souches de chaque espèce, les tests d'interfertilité effectués entre les trois *Scytinostroma* sans boucles se révèlent entièrement négatifs. Ils apportent au systématicien un argument nouveau, totalement objectif en faveur de l'individualité des trois espèces et permettent d'affirmer beaucoup mieux que les maigres critères microscopiques et culturaux, l'existence de trois *Scytinostroma* distincts : *S. duriusculum, S. portentosum* et *S. hemidichophyticum.* De plus, leur emploi rendra possible une détermination certaine de toute récolte d'identification délicate, comme nous l'avons montré dans le cas des deux cultures américaines.

Par les mêmes techniques cytologiques, nous avons pu, malgré l'absence de boucles, établir la tétrapolarité de *S. hemidichophyticum* et celle de *S. portentosum.* Ce sont les deux premières espèces d'Homobasidiomycètes aphyllophorales sans boucles dont la polarité soit déterminée. Notons que ces deux nouvelles données sont en accord avec la seule polarité connue pour les espèces bouclées de ce genre (*S. galactinum* IV, White 1951). En outre, ces deux études de polarités présentent le grand intérêt de montrer que chez les espèces hétérothalles *sans boucles,* il peut y avoir formation de zones hétérocaryotiques sur la ligne de contact des confrontations d'haplontes ayant le facteur « A » différent et le facteur « B » identique.

[4] Les monospermes marqués par un astérique sont les représentants des pôles que nous avons utilisés dans la deuxième série de confrontations destinée à identifier le 4ème pôle A_2B_1

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre respectueuse reconnaissance au professeur J. Boidin, de l'Université Claude Bernard à Lyon, qui nous a dirigée et soutenue au cours de ce travail. Nous remercions Madame A. David, Maître-assistante du laboratoire, qui, avec sa gentillesse coutumière, nous a plusieurs fois procuré des récoltes vivantes. Notre gratitude va en outre à Miss L.K. Weresub d'Ottawa (Canada) et à E. Gomez de Buenos-Aires (Argentine) qui ont mis à notre disposition des cultures et les *exsiccata* correspondantes. Enfin nous sommes redevables à MM. G. Malençon, E. Parmasto, P. Pinchon et Z. Pouzar pour l'envoi de divers spécimens qui nous ont été fort utiles.

Références

BOIDIN, J., 1958. Essai biotaxonomique sur les Hydnés résupinés et les Corticiés. Étude spéciale du comportement nucléaire et des mycéliums. Thèse Lyon 1954, Mém. hors sér. N° 6, *Revue Mycol.* (Paris, 387 p.).

BOIDIN, J., 1960. Le genre *Stereum* Pers. s.l. au Congo belge. *Bull. Jard. bot. État Brux.*, 30 : 284-355.

BOIDIN, J., 1964. Valeur des caractères culturaux et cytologiques pour la taxinomie des *Thelephoraceae* résupinés et étalés-réfléchis (Basidiomycètes). *Bull. Soc. bot. Fr.*, 111 : 309-315.

BOIDIN, J., 1967. Basidiomycètes *Lachnocladiaceae* résupinés de la République Centrafricaine. *Cahiers de La Maboké*, 5 : 23-35.

BOIDIN, J. et M. des POMEYS, 1961. Hétérobasidiomycètes saprophytes et Homobasidiomycètes résupinés. IV — De l'utilisation des critères d'interfertilité et de polarité pour la reconnaissance objective des limites spécifiques et des affinités. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, 77 : 237-261.

JAHN, H., 1971. Stereoide Pilze in Europa. (*Stereaceae* Pil. emend. Parm. u. a., *Hymenochaete*) mit besonderer Berücksichtigung ihres Vorkommens in der Bundesrepublik Deutschland. *Westf. Pilzbriefe*, 8 : 69-176.

MALENÇON, G., 1952. Prodrome d'une flore mycologique du Moyen-Atlas. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, 68 : 299-326.

MAXWELL, M.B., 1954. Studies of Canadian *Thelephoraceae* XI. — Conidium production in the *Thelephoraceae*. *Can. J. Bot.*, 32 : 259-280.

NOBLES, M.K., 1942. Secondary spores in *Corticium effuscatum*. *Can. J. Res.*, C. Botanical Sciences, 20 : 345-357.

NOBLES, M.K., 1965. Identification of cultures of wood - inhabiting Hymenomycètes, *Can. J. Bot.*, 43 : 1097-1139.

PARMASTO, E., 1971. The *Lachnocladiaceae* of the Soviet Union. *Acad. Sci. Estonian S.S.R.* (1970), 168 p.

POUZAR, Z., 1966. *Scytinostroma hemidichophyticum* Pouz. spec. nov. a New Species of Resupinate Hymenomycètes. *Česká Mykol.*, 20 : 217-219.

TALBOT, P.H.B., 1951. Studies of Some South African Resupinate Hymenomycètes. *Bothalia*, 6 : 1-116.

WHITE, L.T., 1951. Studies of Canadian *Thelephoraceae* VIII. *Corticium galactinum* (Fr.) Burt. *Can. J. Bot.*, 29 : 279-295.

YEN, H.C., 1950. Contribution à l'étude de la sexualité et du mycélium des Basidiomycètes saprophytes. Thèse, Lyon, (1949), *Annls Univ. Lyon*, 132 p., 12 pl.

FORMER OCCURRENCE OF *MYTILUS EDULIS* L. ON COBURG ISLAND, ARCTIC ARCHIPELAGO

Weston BLAKE, Jr.
Geological Survey of Canada,
601 Booth Street, Ottawa KIA OE8, Ontario

Résumé

Les recherches effectuées dans l'île Coburg (Archipel Arctique) ont montré que la Moule bleue (*Mytilus edulis* Linné) a vécu 350 km au nord de son habitat actuel. L'âge des moules de l'île Coburg est supérieur à 38,000 années radiocarbone (GSC-1425). Ce dépôt fut mis en place lorsque le niveau marin était plus élevé qu'aujourd'hui et semble correspondre à l'intervalle interglaciaire qui serait contemporain au Sangamon du continent nord-américain.

Abstract

Investigations on Coburg Island, Arctic Archipelago, have revealed that the blue mussel, *Mytilus edulis* Linné, formerly lived 350 km north of its present limit. The age of the mussels on Coburg Island is >38,000 radiocarbon years (GSC-1425), and the deposit probably relates to the warm interval, with accompanying higher sea-level, which corresponds to the Sangamon Interglacial of continental North America.

Introduction

In 1968, while investigating the glacial history of the Jones Sound region, eastern Queen Elizabeth Islands, a 15-m high section with a varied sequence of marine and glacial deposits was discovered on southeastern Coburg Island. This section was revisited during the summers of 1970 and 1972 in order to make more detailed studies. The purpose of the present paper is to record the former presence of the edible blue mussel, *Mytilus edulis* Linné, at this locality in Latitude 75° 52.5′ N (Fig. 1). A full report is planned upon completion of all aspects of the study.

The occurrence is of interest because, to the best of the writer's knowledge, *M. edulis* has not been : 1) found living in the Queen Elizabeth Islands at the present time ; 2) reported previously from raised marine features of postglacial or older age within this island group ; or 3) recorded farther south in the Arctic Archipelago from deposits pre-dating the last glacial maximum (Løken, 1966 ; Feyling-Hanssen, 1967 and personal communication, 1971 ; King, 1969).

Site description and sample age

The occurence on Coburg Island is restricted to a single horizon of pebbly sand, in most places 10 to 15 cm thick, above a bed characterized by an abundance of calcareous algae and beneath a non-fossiliferous sand, gravel, and cobble unit interpreted as representing a glacial episode. The elevation of the *Mytilus* horizon varies between approximately 5.7 and 6.0 m above the normal position of high tide, as determined with a Wild NK-10 level. Most of the shells

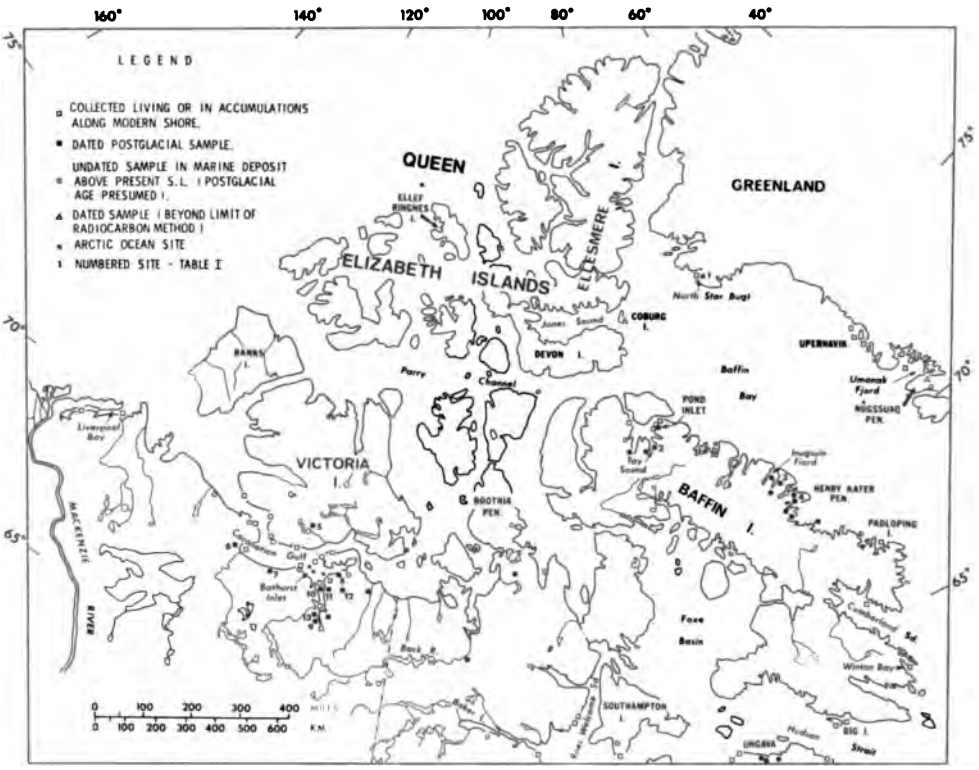


Figure 1. Present and past distribution of *Mytilus edulis* L. in Arctic Canada and adjacent Greenland.

are fragmented, but a few individuals occur intact in the sand, and in two instances paired valves were found. Both pairs were fractured and broke apart during collection, but upon partial reconstruction they proved to be approximately 5 cm (Fig. 2) and over 6 cm in length, respectively. Several of the single valves also attain 6 cm in length, and most individuals appear to have been at least 7 to 10 years old (cf. Andrews, 1972). The shells are commonly less than 1 mm thick, but pieces from near the posterior end are up to 3 mm thick. Some of the valves, including one of the pairs, are not as bluish-purple as other *Mytilus* fragments, and they are characterized by rays such as occur in *M. pellucidus* (Lubinsky, 1958).

A radiocarbon age determination was carried out in the Geological Survey's 5-L counter on a 46.5 g sample of the *M. edulis* fragments, after leaching away

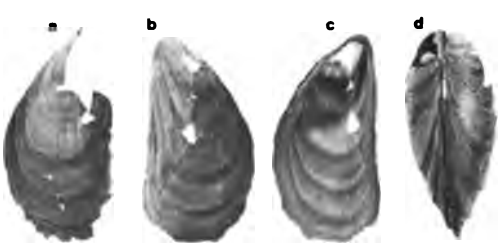


Figure 2. Views of 5 cm-long example of *Mytilus edulis* L. from Coburg Island, N.W.T. Hypotype, GSC No. 32086 ; GSC negative No. 201645 ; coll. W. Blake, Jr., 1970. Fig. 2a, exterior of right valve ; Fig. 2b, exterior of left valve ; Fig. 2c, interior of left valve ; Fig. 2d, dorsal margin of both valves.

the outer 20% of shell (standard treatment). The value obtained, expressed in conventional radiocarbon years, was *greater than* 38,000 (GSC-1425). The fragments used were from the blue, outer prismatic layer, composed of calcite crystals. However, the inner, nacreous layer still consists on aragonite, indicating that the shells have retained their original mineralogical composition (Bøggild, 1930 ; Dodd, 1963, 1964).

Present distribution of *Mytilus edulis*

The locality nearest to Coburg Island where *M. edulis* has been found is near Thule (Dundas), Greenland, 275 km to the east-northeast in Latitude 76° 33′ N. In 1940 Vibe recorded it living in the intertidal zone on islets and on a peninsula in North Star Bugt (Fig. 1). The largest specimen was 9.3 cm long and was probably more than 15 years old (Vibe, 1950). Previously, according to Madsen (1940), *M. edulis* had not been discovered living north of the vicinity of Upernavik along the west coast of Greenland, although Ekblaw may have noticed it in North Star Bugt during the Crocker Land Expedition of 1913-1917 (Baker, 1919). In East Greenland, Ockelmann (1958) gives Latitude 68° as the present northern limit for *M. edulis.*

In the Canadian Arctic Archipelago, *M. edulis* occurs near Pond Inlet, Baffin Island, 350 km south of Coburg Island. However, at Pond Inlet collections have been made only of accumulations along the present shore, not of living individuals (Laursen, 1946 ; Craig, personal communication, 1964). Ellis and Wilce (1961) noted that some of the *M. edulis* near Pond Inlet contained undecomposed tissues, and they suggested that there was a distinct possibility of a living community in that area. Craig's 1963 collections from the shore in the vicinity of Pond Inlet contain several intact paired specimens, the largest measuring 7.6 cm in length. A radiocarbon age determination on the right valve of this largest individual gave a value of 80 ± 220 years (GSC-1570), although this date may be too young, for if the individual was alive after the early 1950's some of the excess ^{14}C created by hydrogen bomb testing could have been incorporated into the shell material. Farther south in Baffin Island, Ellis (1955) reported *M. edulis* living in 1953 at Padloping Island and in Cumberland Sound, and according to I. Lubinsky (personal communication, 1965) I. A. McLaren found it living at Winton Bay in 1964.

In the western Arctic *M. edulis* was found living at Kokavingnak Island in Bathurst Inlet by the writer in 1962, and accumulations along the shore throughout the Inlet are common (Fig. 1 and Washburn, 1947). Living communities or accumulations of shells close to the present shore have been reported farther west along the mainland coast by Dall (1919), Lubinsky (1958), and O. L. Hughes and V.N. Rampton (personal communications). Dall (1919) also reported *M. edulis* from similar situations in several collections from southern Victoria Island made by the Canadian Arctic Expedition 1913-18.

Postglacial distribution of *Mytilus edulis*

Just as with living *M. edulis,* the locality nearest to Coburg Island where this species occurs in postglacial deposits is southeast of North Star Bugt, Greenland. It was found with the bones of a bowhead whale, *Balaena mysticetus,* baleen from which was dated as being 8500 ± 200 years old (W-48 ; Suess, 1954 ; Krinsley, 1963). In East Green-

TABLE I

Radiocarbon age determinations on early postglacial samples containing *Mytilus edulis* L., Northwest Greenland and Arctic Canada [1]

Location and No. on Fig. 1	*Sample elev. (m)*	*Laboratory Dating No.* [2]	*Age (conventional ^{14}C years before 1950)*	*Reference*
GREENLAND				
1. North Star Bugt	13	W–48	8500 ± 200	Suess, 1954 ; Krinsley, 1963
BAFFIN ISLAND				
2. Tay Sound *	59	1–1316	8250 ± 750	Trautman & Willis, 19
3. Inugsuin Fiord *	22	Y–1705	8190 ± 120	Andrews, 1967 ; Stuiver, 1969
4. Henry Kater Peninsula *	19	1–3134	8160 ± 135	King, 1969 ; Buckley & Willis, 197
VICTORIA ISLAND				
5. Lauchlan River	152	GSC–255	9540 ± 150	Dyck *et al.*, 1965
MAINLAND COAST				
6. Coronation Gulf	98	GSC–39	9440 ± 120	Dyck & Fyles, 1962
7. Coronation Gulf	151	I (GSC)–16	9100 ± 180	Craig, 1960 ; Walton *et al.*, 1961
8. Bathurst Inlet	143	GSC–737	8720 ± 150	Lowdon & Blake, 196
9. Bathurst Inlet [3]	204	GSC–115	8370 ± 100	Blake, 1963 ; Dyck & Fyles, 1964
10. Bathurst Inlet * (Kokavingnak Island)	146	GSC–344	8360 ± 150	Lowdon *et al.*, 1967
11. Bathurst Inlet	131	GSC–615	8200 ± 140	
12. Bathurst Inlet *	152	GSC–604	8070 ± 160	
13. Bathurst Inlet *	145	GSC–230	8000 ± 150	Dyck *et al.*, 1966

[1] Asterisk after location indicates *M. edulis* used for dating.

[2] Laboratory abbreviations :
W = U.S. Geological Survey, Washington, D.C.
I = Isotopes, Inc., Westwood, New Jersey.
I (GSC) = first series of samples dated by Isotopes, Inc. for Geological Sur of Canada.
Y = Yale University, New Haven Connecticut.
GSC = Geological Survey of Canada.

[3] It is especially noteworthy that this species occurred in GSC-115, the oldest sample from the in part of Bathurst Inlet (Blake, 1963), and, at approximately 204 m a.s.l., this is the highest-level dated ma sample of postglacial age in Canada.

land, Nathorst (1901) and Noe-Nygaard (1932) reported *M. edulis* in raised beach deposits as far north as 73°, but Washburn and Stuiver (1962), Lasca (1969), and Funder (1971a, 1971b) do not report this species in beach deposits over 7500 years old.

M. edulis is also known from postglacial raised marine deposits on Baffin Island, Victoria Island, and along the mainland coast of Arctic Canada (Fig. 1). Radiocarbon age determinations on samples of early postglacial age containing this species are listed in Table I. Judging by its occurrence in other dated samples (see references in Table I), *M. edulis* has apparently occupied the Bathurst Inlet area continuously since early postglacial time. The same is probably true for the Pond Inlet area and it may well hold for Inugsuin Fiord (dates listed in Løken, 1965 ; Trautman and Willis, 1966; Andrews, 1967), although *M. edulis* has not yet been recorded in the youngest postglacial deposits along the coast of Baffin Island between Pond Inlet and Padloping Island (Andrews *et al.*, 1970 ; Andrews, 1972). On the other hand, *M. edulis* was not recorded in the earliest postglacial deposits of Boothia Peninsula and the mainland to the south by Craig (1961, 1964) or in those of northern Ungava by Matthews (1967).

Mytilus sp., probably *M. edulis* but of unknown age, was reported by Wagner (1962) from a surface bottom sample collected in the Arctic Ocean approximately 83 km northwest of the northwestern tip of Ellef Ringnes Island, water depth 487 m, at Latitude 79° 52.5′ N, Longitude 108° 20′ W (Station 15, Polar Continental Shelf Project, 1960). However, since the sample consisted of minute fragments (Wagner, personal communication, 1971) and since *M. edulis* is not known to live in such deep water (cf. Knipowitsch, 1905), it seems reasonable to assume that the shell fragments were transported to the site from an unknown source by some such mechanism as drifting pack ice or drifting seaweed. *M. edulis* has been recorded on « drift-ice » in the Kara Sea (Jensen, (1912), and two finds of living mussels on seaweed in northern Spitsbergen, at Latitude 79° 40′ to 79° 53′ N, are best explained by drifting according to Heintz (1926 ; cf. also Feyling-Hanssen, 1955).

Distribution of *Mytilus edulis* prior to the last glaciation

As noted earlier in this paper *M. edulis* has not been recorded previously from deposits predating the last glaciation in the Canadian Arctic Archipelago. However, this species does occur in such deposits on the north side of Nûgssuaq Peninsula, Greenland, some 1000 km southeast of Coburg Island (Fig. 1). At the Kløft II site, Pátorfik, Laursen (1944) reported *M. edulis* in a sand bed at 32.5 to 42.5 m a.s.l., but not in the underlying clay bed which outcrops at an elevation of 5.5 to 32.5 m, above Cretaceous sandstone. New collections were made at the same site in 1964, and the age of pelecypod shells from the clay unit proved to be *greater than* 35,000 years (K-1250 ; Rosenkrantz, 1968, 1969 ; Tauber, 1968). According to L.A. Simonarson (personal communication, 1972) additional collecting at the same site in 1968 revealed that *M. (M.) edulis* occurs in the clay bed with the other pelecypods dated at >35,000 years, as well as in the overlying sand. On the basis of the indurated nature, in places, of both upper and lower beds at Kløft II, and because of the composition of the fauna, Rosenkrantz (1968) suggested an interglacial age for these deposits.

Discussion

Although careful sampling has not yet been carried out in many areas, the data available so far suggest that the present distribution of *M. edulis* in the Coronation Gulf-Bathurst Inlet region, in northern and eastern Baffin Island, and in northwestern Greenland is much the same as its distribution early in postglacial time. However, in the section on Coburg Island it has not been found in deposits of postglacial age (i.e., in those less than some 9100 to 8800 years old), and shells of this species have not been found along the modern shore. Thus there is no indication that *M. edulis* has lived at Coburg Island at any time since the last glaciation.

If it is assumed that the shells were not thrown above high tide level by storm waves or were not moved upwards by the pushing action of rafting ice, and this seems a reasonable assumption in view of their occurrence in a layer in which numerous paired valves of *Mya truncata* L. are present in living position, then sea level (high tide) at the time the mussels flourished must have been *at least* 6 m higher than at present.

Thus, the presence of *Mytilus edulis*, a species which Lubinsky (1967) classified as primarily « boreal » and which Ockelmann (1958) assigned to a group of « species with a wide distribution, but lacking from typical high-arctic sea areas », and the elevation of the enclosing pebbly sand bed above present sea level, indicate that the occurrence in the section on Coburg Island is related to a time of more favourable environmental conditions, prior to the last glaciation, when sea level was higher than at present. The most logical time for these conditions to have prevailed is during the warm interval equivalent to the Sangamon Interglacial of continental North America.

Acknowledgements

I am indebted to L. Bradley (Bradle Services, Ltd.), G.F.N. Cox, and J.-P. Di their assistance in the field in 1970, and cially to R. Richardson for helping to mal collections on Coburg Island. Richardsor my colleague D.A. Hodgson assisted in tional field work in 1972. Hodgson and D G. Craig, J.G. Fyles, O.L. Hughes, and Rampton kindly provided information o distribution of *M. edulis* from their resp field areas, and Craig has allowed me t an unpublished radiocarbon date. L.A. narson, Science Institute, University of Ic Reykjavik, who is engaged in a major stu the deposits at Pátorfik, Nûgssuaq Peni Greenland, kindly gave me permission to tion the occurrence of *M. (M.) edulis* lower bed there. Useful comments in to the manuscript were made by Craig anc I. Blake, and I have benefitted parti from discussions with Dr. I. Lubinsky, De Zoology, University of Manitoba, Winnipeg was also kind enough to read the final Other Geological Survey personnel contr as follows : age determinations — Radio Dating Laboratory; mineral identificatior X-ray Diffraction Laboratory; drafting — ven ; photographic work — Photography tion ; typing — Mrs. G. Mahony.

References

ANDREWS, J.T., 1967. Radiocarbon dat tained through Geographical Branch observations. *Geogrl Bull.*, 9 (2) : 115

ANDREWS, J.T., 1972. Recent and fossil rates of marine bivalves, Canadian Arcti Late-Quaternary Arctic marine environ *Palaegeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol* 157-176.

ANDREWS, J.T., J.T. BUCKLEY and J.H. LAND, 1970. Late-glacial chronolog glacio-isostatic recovery, Home Bay, Baffin Island, Canada. *Bull. geol. Soc* 81 : 1123-1148.

BAKER, F.C., 1919. Mollusca of the C Land Expedition to Northwest Greenlar Grinnell Land. *Bull. Am. Mus. nat. Hist* 479-517.

BLAKE, W., Jr., 1963. Notes on glacial g northeastern District of Mackenzie. *Geol Can., Paper* 63-28 : 1-12.

BOGGILD, O.B., 1930. The shell structure of the mollusks. *Skr. D. K. Danske Vidensk. Selsk.*, ser. 9, 2 (2) : 231-326.

BUCKLEY, J.D., and E.H. WILLIS, 1970. Isotopes' radiocarbon measurements VIII. *Radiocarbon*, 12 : 87-129.

CRAIG, B.G., 1960. Surficial geology of north-central District of Mackenzie, Northwest Territories. *Geol. Surv. Can., Paper* 60-18 : 1-8.

CRAIG, B.G. 1961. Surficial geology of northern District of Keewatin, Northwest Territories. *Geol. Surv. Can., Paper* 61-5 : 1-8.

CRAIG, B.G., 1964. Surficial geology of Boothia Peninsula and Somerset, King William, and Prince of Wales Islands, District of Franklin, *Geol. Surv. Can., Paper* 63-44 : 1-10.

DALL, W.H., 1919. Mollusks, Recent and Pleistocene, *in* Mollusks, Echinoderms, Coelenterates, etc. *Rep. Can. arct. Exped. 1913-18*. King's Printer, Ottawa, 8, Part A : 1A-29A.

DODD, J.R., 1963. Paleoecological implications of shell mineralogy in two pelecypod species. *J. Geol.*, 71 : 1-11.

DODD, J.R., 1964. Environmentally controlled variation in the shell structure of a pelecypod species. *J. Paleont.*, 38 : 1065-1071.

DYCK, W. and J.G. FYLES, 1964. Geological Survey of Canada radiocarbon dates I. *Radiocarbon*, 4 : 13-26.

DYCK, W. and J.G. FYLES, 1964. Geological Survey of Canada radiocarbon dates III. *Radiocarbon*, 6 : 167-181.

DYCK, W., J.G. FYLES and W. BLAKE, Jr., 1965. Geological Survey of Canada radiocarbon dates IV. *Radiocarbon*, 7 : 24-46.

DYCK, W., J.A. LOWDON, J.G. FYLES and W. BLAKE, Jr., 1966. Geological Survey of Canada radiocarbon dates V. *Radiocarbon*, 8 : 96-127.

ELLIS, D.V., 1955. Some observations on the shore fauna of Baffin Island. *Arctic*, 8 : 224-236.

ELLIS, D.V. and R.T. WILCE, 1961. Arctic and Subarctic examples of intertidal zonation. *Arctic*, 14 : 224-235.

FEYLING-HANSSEN, R.W., 1955. Stratigraphy of the marine Late-Pleistocene of Billefjorden, Vestspitsbergen. *Skr. norsk Polarinst.*, 107, 1-186.

FEYLING-HANSSEN, R.W., 1967. The Clyde Foreland, *in* Field Report, North-Central Baffin Island, 1966 (LØKEN, O.H., Compiler). *Geographical Branch, Dept. Energy, Mines and Resources* : 35-55.

FUNDER, S., 1971a. Observations on the Quaternary geology of the Rødefjord region, Scoresby Sund, East Greenland. *In* Report on the 1970 geological expedition to Scoresby Sund, East Greenland. Rep. *Grønlands Geologiske Undersøgelse*, no. 37 : 51-55.

FUNDER, S., 1971b. C^{14} dates from Scoresby Sund region, 1971. *In* Report on the 1970 geological expedition to Scoresby Sund, East Greenland. Rep. *Grønland, Geologiske Undersøgelse*, no. 37 : 57-59

HEINTZ, A., 1926. Blaskjell pa Spitsbergen. *Norsk geol. Tidsskr.*, 9 : 74-76.

JENSEN, A.S., 1912. Lamellibranchiata (Part I). *The Danish Ingolf-Expedition*. H. Hagerup, Copenhagen : 2, Article 5, 1-119.

KING, C.A.M., 1969. Glacial geomorphology and chronology of Henry Kater Peninsula, East Baffin Island, N.W.T. *Arctic and Alpine Research*, 1 : 195-212.

KNIPOWITSCH, N., 1905. Über das Vorkommen von Mytilus edulis L. in tiefen Teilen des Weissen Meeres. *Verhandl. Russisch-Kaiserl. Mineral. Gesellsch. St. Petersburg*, 43 : 271-277.

KRINSLEY, D.B., 1963. Glacial geology. *In* DAVIES, W.E., D.B. KRINSLEY, and A.H. NICOL, Geology of the North Star Bugt Area, Northwest Greenland. *Meddr Grønland*, 162 (12) : 48-66.

LASCA, N.P., 1969. The surficial geology of Skeldal, Mesters Vig, Northeast Greenland. *Meddr* Grønland, 176 (3) : 1-56.

LAURSEN, D., 1944. Contributions to the Quaternary geology of northern West Greenland especialy the raised marine deposits. *Meddr Grønland*, 135 (8) : 1-125.

LAURSEN, D., 1946. Quaternary shells collected by the Fifth Thule Expedition 1921-24. *Reports Fifth Thule Expedition 1921-24*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, Copenhagen, 1 (7) : 1-59.

LØKEN, O.H., 1965. Postglacial emergence at the south end of Inugsuin Fiord, Baffin Island, N.W.T. *Geogrl. Bull.*, 7 (3-4) : 243-258.

LØKEN, O.H., 1966. Baffin Island refugia older than 54,000 years. *Science*, 153 : 1378-1380.

LOWDON, J.A. and W. BLAKE, Jr., 1968. Geological Survey of Canada radiocarbon dates VII. *Radiocarbon*, 10 : 207-245.

LOWDON, J.A., J.G. FYLES and W. BLAKE, Jr., 1967. Geological Survey of Canada radiocarbon dates VI. *Radiocarbon*, 9 : 156-197.

LUBINSKY, I., 1958. Studies on *Mytilus edulis* L. of the « Calanus » expeditions to Hudson Bay and Ungava Bay. *Can. J. Zool.*, 36 : 869-881.

LUBINSKY, I., 1967. Distribution and growth rates of *Mytilus edulis* L. in the Canadian Arctic (Abstr.). *Bull. Am. Malacological Union*, No. 34 : 17.

MADSEN, H., 1940. A study of the littoral fauna of Northwest Greenland. *Meddr Grønland*, 124 (3) : 1-24.

MATTHEWS, B., 1967. Late Quaternary land emergence in northern Ungava, Quebec. *Arctic*, 20 : 176-202.

NATHORST, A.G., 1901. Bidrag till nordöstra Grönlands geologi. *Geol. For. Stockh. Förh.*, 23 : 275-306

NOE-NYGAARD, A., 1932. Remarks on *Mytilus edulis* L. in raised beaches in East Greenland. *Meddr Grønland*, 95 (2) : 1-24.

OCKELMANN, W.K., 1958. The zooolgy of East Greenland. Marine Lamellibranchiata. *Meddr Grønland*, 122 (4) : 1-256.

ROSENKRANTZ, A., 1968. Interglaciale og postglaciale skalafleijringer fra Umanak distrikt. *Meddr dansk geol. Foren.* 18 : 146-147.

ROSENKRANTZ, A., 1969. New mapping and special research on Nûgssuaq and Disko. Rep. *Grønlands Geologiske Undersøgelse*, no. 19 : 14-17.

STUIVER, M., 1969. Yale natural radiocarbon measurements IX. *Radiocarbon*, 11 : 545-658.

SUESS, H.E., 1954. U.S. Geological Survey radiocarbon dates I. *Science*, 120 : 467-473.

TAUBER, H., 1968. Copenhagen radiocarbon dates IX. *Radiocarbon*, 10 : 295-327.

TRAUTMAN, M.A., and E.H. WILLIS, 1966. Isotopes, Inc. radiocarbon measurements V. *Radiocarbon*, 8 : 161-203.

VIBE, C., 1950. The marine mammals and the marine fauna in the Thule District (Northwest Greenland) with observations on ice conditions in 1939-41. *Meddr Grønland*, 150 (6) : 1-115.

WAGNER, F.J.E., 1962. Faunal report, submarine geology program, Polar Continental Shelf Project, Isachsen, District of Franklin. *Geol. Surv. Can., Pap.* 61-27 : 1-10.

WALTON, A. M.A. TRAUTMAN and J.P. FRIEND, 1961 : Isotopes, Inc. radiocarbon measurements I. *Radiocarbon*, 3 : 47-59.

WASHBURN, A.L., 1947. Reconnaissance geology of portions of Victoria Island and adjacent regions, Arctic Canada. *Mem. geol. Soc. Am.*, 22 : 1-142.

WASHBURN, A.L. and M. STUIVER, 1962. Radiocarbon-dated postglacial deleveling in north-east Greenland and its implications. *Arctic*, 15 : 66-73.

A PALYNOLOGICAL STUDY FOR THE LITTLE CLAY BELT, NORTHWESTERN QUÉBEC

Jean-Serge VINCENT,
Département de géographie, Université d'Ottawa, Ontario

Résumé

La chronologie post-glaciaire et l'évolution climatique et végétale de l'« Enclave argileuse » du nord-ouest québecois et du nord-est ontarien sont peu connus. Cet article tente d'élaborer une stratigraphie pollinique pour la « Petite enclave argileuse » basée sur l'analyse d'une carotte de matières organiques provenant du lac Louis, situé dans le canton de Laverlochère (comté de Témiscamingue, Québec).

Les six zones polliniques décrites peuvent être mises en corrélation avec d'autres zones semblables de la région centrale du Québec et des basses-terres du Saint-Laurent. Une période chaude initiale caractérise le retrait de la calotte du Wisconsin et le vidangage partiel du lac proglaciaire Barlow-Ojibway. Celle-ci est suivie d'une période froide, qui est à son tour suivie d'un intervalle hypsithermique que l'on peut diviser en deux périodes, la première étant plus froide et plus humide que la seconde. Enfin, deux dernières périodes, l'une chaude et humide, l'autre, plus froide et humide se succèdent.

La végétation pionnière de la région du lac Louis, après le recul définitif de l'inlandsis, s'est installée il y a au moins 9 090 ± 240 B.P. (GSC-1432). Un âge de 7 280 ± 250 B.P. (GSC-1481) a été obtenu pour les matières organiques situées à la frontière marquant la division entre les deux périodes de l'intervalle hypsithermique. Cette date indique le moment à partir duquel le pin gris a été remplacé par le pin rouge et le pin blanc. Ce changement marque l'évolution vers un climat plus chaud au cours de la période de réchauffement post-glaciaire. Un âge radiocarbone de 4 260 ± 240 B.P. (GSC-1491) a été obtenu pour les matières organiques marquant la fin de l'intervalle hypsithermique. À cette époque, l'évolution vers un climat moins chaud avait déjà commencé. La récurrence de Cochrane s'est sans doute produite vers la fin de la période froide qui a suivi la période chaude initiale.

Abstract

Little information is available on the postglacial geochronology, vegetation and paleoclimates of the Clay Belt of northwestern Québec and northeastern Ontario. Based on the analysis of a sediment core recovered from Lake Louis, Laverlochère Township, Témiscamingue County, Québec, a pollen stratigraphy for the Little Clay Belt is presented.

Six stratigraphic pollen zones determined for the Lake Louis site are correlated with other pollen zones of central Québec and the St. Lawrence Lowlands. After the initial warm period that followed deglaciation and the partial drainage of Lake Barlow-Ojibway, a colder, moist period existed. This was followed by the two distinct periods of the hypsithermal interval in which the later period is warmer and drier. The hypsithermal was followed by a warm but moist climate, and then later on by the present cooler, moist climate.

The first vegetation colonized the Lake Louis site 9,090 ±240 B.P. years ago (GSC-1432). A radiocarbon age determination at the boundary between the

two periods of the hypsithermal gave a date of 7,280 ± 250 B.P. (GSC-1481). This dates the shift in vegetation from jack-pine to white and red pine, which indicates the continuing warming trend of the climate during that period. Another C-14 age determination at the end of the hypsithermal gave a date of 4,260 ± 240 B.P. (GSC-1491). At this time, the warm climate had already started to deteriorate in the area. The « Cochrane Surge » probably occurred at the end of the colder, moist period that followed the initial warm period.

Introduction

The objective of this palynological study is to tentatively establish the geochronology and vegetational and climatic history of the Little Clay Belt of northwestern Québec, an area which has received very little attention in the past.

An attempt is made to correlate the climatic and vegetational history with the Late Quaternary or postglacial history

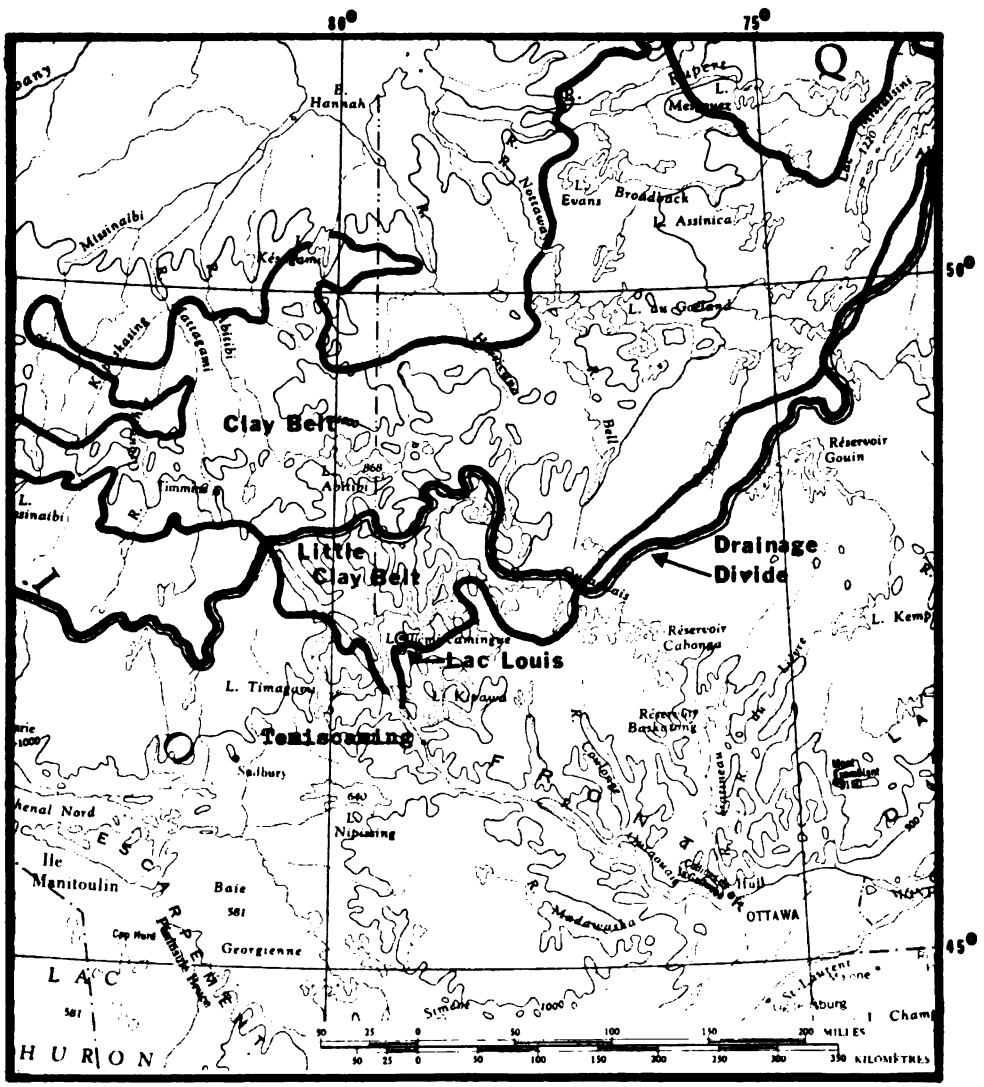


Figure 1. Location of the Clay Belt and the sampling site.

of the Little Clay Belt. From the pollen stratigraphy, the evolution of the climate can be determined. This gives an understanding of morpho-climatic systems which can be very useful in comprehending the different processes that are responsible for the evolution of landforms.

Previous work

There are no pollen diagrams that trace the vegetational history of the Little Clay Belt — the area south of the drainage divide that was covered by Lake Barlow-Ojibway after the last glaciation (Fig. 1). In the Main Clay Belt, an area also covered by proglacial Lake Barlow-Ojibway, but situated north of the drainage divide, some work has been done by Ignatius (1956) on bogs that developed on Barlow-Ojibway sediments. Ignatius mentions that his older pollen zones reflect the warm hypsithermal interval. Work done by Terasmae and Hugues (1960) and by Terasmae (1962), as well at this work, seems to confirm Ignatius' view.

Since the coring sites for the abovementionned studies are situated in low-lying areas which were freed from Barlow-Ojibway waters only at the very end of the lacustrine episode, the information provided gives an idea of the vegetational and climatic history after the time of the drainage of Lake Barlow-Ojibway.

Pollen diagrams by Potzger and Courtemanche (1956 A) for different areas of central Québec give, by extrapolation, valuable information. These authors have produced a series of pollen diagrams for the area of central Québec situated between the St. Lawrence Valley and James Bay.

Description of the coring site

LOCATION AND GENERAL CHARACTERISTICS OF LAKE LOUIS

A core of organic sediment was recovered from Lake Louis (47°17'15"N – 79°07'00"W), situated in the southeastern extremity of Laverlochère Township (29 kilometers east of Ville-Marie), in Témiscamingue County, Québec (Fig. 1). The elevation of the lake is approximately 300 meters. Lake Louis is very shallow, except for a central depression which reaches a maximum depth of 7.6 meters (Fig. 2). Its area is approximately 100,000 square meters (10 hectares). A beaver dam controls the level of the lake and the amount of water flowing out.

GEOLOGICAL SETTING

Geologically, the lake is situated in an esker complex that has been extensively reworked by Lake Barlow-Ojibway waters. Field work (Vincent, 1971) has shown that Lake Louis is located on the highest beach of proglacial Lake Barlow-Ojibway, at a slightly lower elevation (300 meters) than the determined highest water plane of the proglacial lake in the area (305 meters).

Figure 2. A view of Lake Louis, in the Little Clay Belt, Laverlochère Township, northwestern Québec. Site where the core for pollen analysis was recovered.

The interest of the Lake Louis site can be understood from these relationships. Since proglacial Lake Barlow-Ojibway flooded the highest areas in its initial stage, and then started to drain, the Lake Louis area was rapidly freed from the glacio-lacustrine waters. Deposition of organic matter in Lake Louis could then take place while the proglacial lake still existed at lower altitudes. In this way, information could be gathered on the vegetational and climatic history of the area and this for part of the time during which Lake Barlow-Ojibway existed.

CLIMATE

Lake Louis is situated in the « Timiskaming Climatic Region » as defined by Chapman and Thomas (1968). The main climatic characteristics of this region are : a very cold winter ; a mean annual temperature of 2.2°C ; a mean annual precipitation of 81.3 cm and a mean annual snowfall of 215.9 cm.

Table I lists mean monthly temperatures and precipitations at the Barrage des Quinze meteorological station. This station is situated 35 kilometers north of Lake Louis and at an altitude of 265 meters A.S.L.

VEGETATION

Lake Louis is situated at the border of two forest regions (Rowe, 1958). To the east of the lake is the Missinaibi-Cabonga sector of the boreal forest (Rowe's zone B_7) and to the west of the lake the Haileybury Clay sector of the Great-Lakes-St.Lawrence region (Rowe's zone L^8).

The forest surrounding Lake Louis is dominated by black spruce *(Picea mariana)* associated with trembling aspen *(Populus tremuloïdes)* and white birch *(Betula papyrifera)*. Along the edge of the lake, water lilies *(Nymphaea)* are numerous.

TABLE I

Mean monthly temperatures and precipitations for the Barrage des Quinze meteorological station for the period 1931-1960 (Villeneuve, 1967)

	Average temperatures in °C	*Average precipitations in cm*
January	−15.7	5.54
February	−14.4	4.78
March	−8.6	5.18
April	1.1	5.92
May	9.3	7.29
June	15.7	10.49
July	18.1	10.01
August	16.9	9.70
September	12.0	12.70
October	5.9	8.97
November	−2.1	6.48
December	−11.2	5.77

Methods

SAMPLING

The core was recovered in 7.6 meters of water by Mr. R.J. Mott of the Geological Survey of Canada and by the writer. A first core, 153 cm long, was brought to the surface using a Brown Piston Sampler. Four other cores, measuring 100 cm each were recovered with a Livingstone Piston Sampler (Mott, 1966). The total core therefore measured 553 cm. A complete replicate core was also taken in order to have enough sediment for radiocarbon dating.

LABORATORY TREATMENT

Small samples, at 10 centimeter intervals, were taken from the core for pollen analysis. The organic and inorganic debris in the samples were removed by the standard palynological method (Erdtman, 1954 ; Faegri *et al.*, 1964).

CONSTRUCTION OF THE POLLEN DIAGRAM

After counting at least 200 pollen grains for each of the 56 levels, the relative abundance of each taxon, in each sample, was determined. The pollen total for each taxon was expressed as a percentage of the total pollen sum, excluding the aquatic plants. The results of these calculations were gathered in a pollen diagram (Fig. 3) in which the percentage of each taxon is plotted on the abcissa and the sedimentary sequence on the ordinate scale.

The pollen diagram expresses percentage changes from one stratigraphic level to the next. Assuming that pollen spectral changes reflect changes in the vegetation, a climatic and vegetational history of the area can be reconstructed.

Results

RADIOCARBON DATES

The results of age determinations of three samples taken from the core of Lake Louis are listed below (see table II).

TABLE II

Radiocarbon age determinations of samples from Lake Louis, Québec

Depth (in cm)	*Lab. No.*	*^{14}C Age*	*Material*
235-240	GSC-1491	4,260 ± 240	gyttja
410-415	GSC-1481	7,280 ± 250	gyttja
531-538	GSC-1432	9,090 ± 240	gyttja

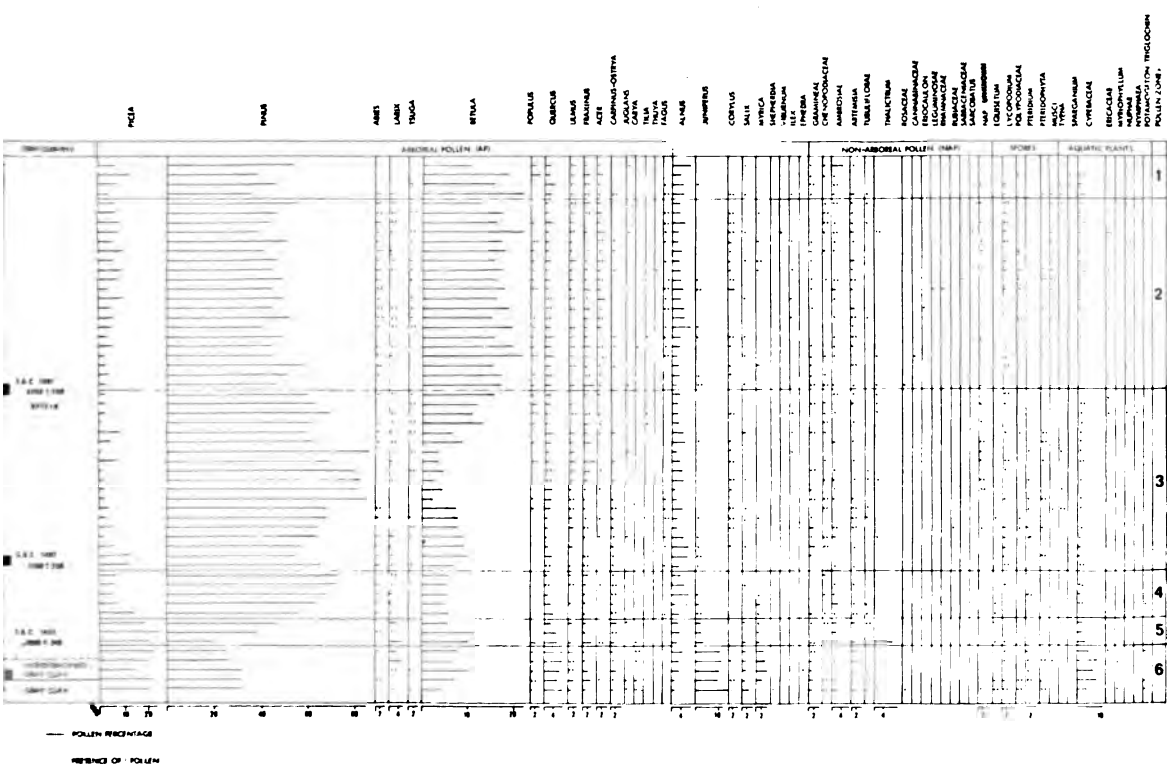


Figure 3. Pollen diagram : Lake Louis, Témiscamingue County, Québec.

POLLEN STRATIGRAPHY AND CORRELATIONS WITH OTHER POLLEN ZONES

The pollen diagram was divided into six distinct pollen stratigraphic zones (Fig. 3). This was achieved by comparison with the work of Potzger (1953), Potzger and Courtemanche (1956 A, 1956 B), Richard (1970) and Terasmae (1959, 1960, 1969). To facilitate comparisons among different works, the pollen zones are numbered in the same manner as Terasmae.

Zone VI

The zone VI is situated at the base of the sequence at a level ranging from 553 to 505 cm. It probably represents the first vegetation that colonized the area after the Wisconsin ice sheet retreated. It is characterized by the presence of jack-pine *(Pinus banksiana)* along with oak *(Quercus)*, spruce *(Picea)*, birch *(Betula)*, juniper *(Juniperus)*, non arboreal pollen and sedges (Cyperaceae). One pollen grain of soapberry *(Shepherdia canadensis)* was identified in the basal part of this zone.

The zone VI can be correlated with zone Q_1 of Potzger and Courtemanche (1956A) and zone VI of Terasmae (1960) (Table III). According to Potzger (1953), this zone denotes the initial warm period that followed the deglaciation. However, the high percentage of jack-pine on which this hypothesis is based does not necessarily indicate a warm period. According to Terasmae (1959, p. 334),

> « *The high percentage of pine pollen should, perhaps, be explained over-representation due to the high pollen production of pine* ».

Usually, in other pollen diagrams from Québec, a substantial amount of alder *(Alnus)* is found in zone VI. In the Lake Louis area, the alder was probably replaced by juniper. This shrub could more easily take root in the rocky and sandy area surrounding Lake Louis than alder, which needs a wetter terrain.

Hemlock *(Tsuga)*, which further south is commonly found in this zone, is rare in the diagram. Potzger and Courtemanche (1956A) did not find any hemlock north of latitude 46°19'N. The presence of hemlock, in this zone, could probably be explained by the fact that the Timiskaming trench is considered to be a migration channel for vegetation (Hills, 1962). Because of this corridor, hemlock was probably able to migrate further north in the Lake Témiscamingue area, than in other areas of Québec.

A radiocarbon age determination of gyttja from level 531 to 538 cm gave an age of 9,090 ± 240 B.P. (GSC-1432).

Zone V

This zone situated from 505 to 475 cm represents a relatively short time span and is distinguished in the diagram by a high representation of spruce *(Picea)* pollen, a decrease in pine *(Pinus)* and an increase in birch *(Betula)* with juniper *(Juniperus)* still present in a small amount. There are also less non-arboreal species than in the zone VI. According to Potzger (1953), this assemblage represents a more humid and cooler climate. Zone V can be correlated with Terasmae's zone V and Potzger and Courtemanche's (1956A) zone Q_2 (Table III). The spruce maximum which is usually found in this zone (Terasmae, 1959 page 335) is not clearly marked in the pollen diagram.

Zone IV

This zone which is located in the core between 475 and 425 cm is characterized by an increase in jack-pine *(Pinus banksiana)* pollen and a decrease in spruce *(Picea)* and birch *(Betula)*. It is the same

as Terasmae's zone IV and is situated at the base of zone Q_3 of Potzger and Courtemanche (Table III). The assemblage indicates the start of a warmer and drier climate and reflects, in fact, the beginning of the thermal optimum or hypsithermal interval.

Zone III

Situated at a depth ranging from 425 to 235 cm, zone III is characterized by a preponderance of pollen of eastern white pine *(Pinus strobus)* and red pine *(Pinus resinosa)* and by a further reduction of spruce *(Picea)*. Apart from the conspicuous drop in birch *(Betula)* in the central part of this zone, the pollen percentage of this taxon is higher than in the previous zones. It can be correlated with Terasmae's zone III and the upper part of zone Q_3 of Potzger and Courtemanche (Table III).

At the boundary between zones IV and III, there is a drop in pine pollen. This drop separates two maxima of which the first (in zone IV) is made up of jack-pine and the second (in zone III) is made up of white and red pines. The two species combined in one graph for pine, give a bimodal pollen curve. The depression between the two pine peaks results, according to Potzger and Courtemanche (1956A), from the rapid colonization of the two new pines of zone III at the expense of jack-pine. These two pines, according to Terasmae and Anderson (1970) reflect a period which is very much drier and warmer than today.

Organic material situated at the base of zone III between levels 410 and 415 cm gave an age of 7,280 ± 250 B.P. (GSC-1481). An age of 4,260 ± 240 B.P. (GSC-1491) was also obtained for material located at the top of this zone between levels 235 and 240 cm.

Zone II

This zone which is located between 235 and 45 cm is distinguished by an increase in spruce *(Picea)* and birch *(Betula)*, a decrease of pine *(Pinus)*, and the consistent presence of small amounts of beech *(Fagus)* and maple *(Acer)*. This assemblage shows that the climate is still warm but probably more humid (Potzger, 1953). Pollen zone II of Terasmae and zone Q_4 of Potzger and Courtemanche are the same as this zone II (Table III).

Zone I

The zone I is situated in the upper 45 cm of the core. It is difficult to delineate this zone on the pollen diagram as the vegetational changes involved are small. There is a small increase of spruce *(Picea)*, a slight reduction of pine *(Pinus)* and an increase of birch *(Betula)*. Both hemlock *(Tsuga)* and beech *(Fagus)* are virtually absent. This vegetational assemblage indicates a deterioration in the climate in relation to the previous zone. This upper zone corresponds to zone I of Terasmae and zone Q_5 of Potzger and Courtemanche (Table III). The presence of ragweed *(Ambrosia)*, at the top of the sequence, indicates the arrival of man and agriculture in the area.

Vegetational reconstruction and postglacial history

At the time of the retreat of the late Wisconsin ice sheet, Lake Barlow-Ojibway occupied the area between the ice-front to the north and the McConnell Lake moraine which blocked the Ottawa River outlet in the vicinity of Timiskaming, Québec (Fig. 1). The proglacial lake was deepest at the beginning of its history, but numerous lake levels resulted from isostatic rebound.

The pollen zone VI (Fig. 3) gives an idea of the environment near the margin

of Lake Barlow-Ojibway. As we have seen before, the Lake Louis site is situated on the highest beach of Lake Barlow-Ojibway in the area. The radiocarbon date 9,090 ± 240 B.P. (GSC-1432) obtained by dating the gyttja at the base of the core does not give a minimum age for deglaciation but a minimum age for the formation of the highest beach of Lake Barlow-Ojibway in this area of the Little Clay Belt. The age is a minimum, since we cannot estimate the time it took for the vegetation to colonize the area. This date is very interesting since it is also the oldest one obtained up to now in both the Little and the Main Clay Belt.

The presence of *Juniperus, Salix, Myrica, Artemisia* and the numerous non-arboreal pollen grains show that at the beginning, the vegetation of the area was of the open forest type.

Following this initial period, the forest extended and Lake Barlow-Ojibway continued to decrease in size. The vegetational assemblage shows that the climate was cold and probably very similar to the climate of the boreal forest of today. Pine started to colonize the drier areas. The rigorous climatic conditions did not permit the presence of thermophilous deciduous trees.

The next period, illustrated by zone IV, is characterized by a reduction in the abundance of spruce and an increase in jack-pine. Terasmae (1961, p. 665) attributes this change from pollen zone V to pollen zone IV to the following reason :

> « *This change could have been caused by a slight decrease in summer precipitation or an increase in summer temperature resulting in a longer, drier summer, whereas extreme cold spells in the winter still may have been frequent. It is possible that jack-pine was favored under such conditions* ».

During this period which marks the start of the hypsithermal interval, Lake Barlow-Ojibway was probably completely drained in the area south of the drainage divide and no more water flowed south over the divide. To the north, the Tyrrell Sea covered the Hudson Bay Lowlands. At the beginning of this period (zone IV) or more likely at the end of the previous period (zone V), the « Cochrane Surge » occurred. It is interesting to note that no significant climatic changes seem to have affected the Lake Louis area, at the time of the surge. This is understandable since the « Cochrane » is probably not a glacial readvance but a surge (Prest, V.K.-oral communication), and since the site of Lake Louis is situated well to the south (approximatively 150 kilometers) of the furthest extent of the glacial lobe.

The next period (zone III) is characterized by a warm and dry climate. Eastearn white pine and red pine are dominant. During this time, the ice continued to retreat and the Tyrrell sea receded.

A radiocarbon age determination at the boundary of zone III and zone IV gave a date of 7,260 ± 250 B.P. (GSC-1481). This dates the shift from jack-pine to white and red pine, which indicates the continuing warming trend of the climate during the hypsithermal period. Another age determination at the boundary of zones III and II gave a date of 4,260 ± 240 (GSC-1491) years B.P. At his time the warm climate had already started to deteriorate in the area. Both these dates are very interesting not only because they indicate a precise time span, but also because they enable one to link the vegetational and geological events.

TABLE III

Tentative correlation of pollen zones from Lake Louis with other regions of Québec and the Northeastern United-States

NORTHEASTERN UNITED STATES (Deevey and Flint, 1957)					ST. LAWRENCE LOWLANDS (QUÉ) (Terasmae, 1960)			CANADIAN SHIELD-QUÉBEC (Portzger and Courtemanche, 1956 A)		LAKE LOUIS - TÉMISCAMINGUE (this article)	
years b.p.	zones										
	CIII			SUB-ATLANTIC oak-chestnut	POST-GLACIAL	I	Decline of hemlock, pine; Increase of spruce and Quercetum mixtum (QM)	Q5	Increase of spruce, fir, white birch and yellow birch; decline of pine, hemlock, oak and beech	I	Increase of spruce and birch; decline of pine; absence of hemlock and beech
2,000											
4,000	CII	HYPSITHERMAL	POST-GLACIAL	SUB-BOREAL oak-hickory		II	High beech, hemlock Decline of pine, QM Slight increase of spruce, fir, birch	Q4	Increase of hemlock, beech, fir, spruce, white birch and yellow birch; slight increase of oak	II	Slight increase of spruce; Slight decline of pine; Increase of birch and beech
6,000	CI			ATLANTIC oak-hemlock		III	Low spruce, fir, hemlock and beech; High white pine, QM	Q3	White pine and red pine peak, increase of oak; decline of birch; very little spruce and fir; jack-pine peak	III	Peak of white and red pines; Decline of spruce
8,000						IV	High jack-pine, fir; low birch, QM; decline of spruce		Spruce high; decline of pine and NAP; inc. of birch; absence of hemlock	IV	Inc. jack-pine; dec. birch, spruce
										V	
	B			BOREAL pine	LATE-GLACIAL	V	Spruce maximum, low pine decline of NAP	Q2	Increase of spruce, fir and birch; decline of pine	VI	Presence of pine, oak, juniper, NAP, birch and spruce
						VI	Low spruce; high pine, birch, alder, NAP	Q1	Presence of pine and oak; little fir, spruce and birch	BARLOW-OJIBWAY GLACIOLACUSTRINE PHASE	
10,000	A L IN MAINE			PRE-BOREAL Spruce, fir, pine, oak		CHAMPLAIN SEA	ST-NARCISSE RE-ADVANCE				
						LACUSTRINE EPISODE					
12,000								MAIN WISCONSIN GLACIATION		MAIN WISCONSIN GLACIATION	
	TIII	LATE-GLACIAL MAINE		YOUNGER HERB ZONE Park - tundra	MAIN WISCONSIN GLACIATION						
	TII	LATE-GLACIAL CONNECTICUT		PRE-DURHAM, SPRUCE Spruce, pine, birch							
14,000	TI			OLDER HERB ZONE Tundra							

Elaborated from Terasmae (1960)

The mixed forest (zone II) that colonized the area after the climate deteriorated was mainly composed of spruce, pine, yellow birch (*Betula alleghaniensis*), trembling aspen (*Populus tremuloïdes*), maple (*Acer*) and beech (*Fagus*).

The most recent period (zone I) is characterized by a somewhat colder and more humid climate than the previous one. Slight changes in forest composition produced the extant forest type.

Conclusion

A pollen stratigraphy for the Little Clay Belt was submitted. The six different pollen zones, which relate the vegetational and climatic changes since the withdrawal of the last ice sheet, were tentatively correlated with the postglacial geological events of the area. Radiocarbon ages obtained for organic material situated at critical levels were used to set more precisely in time the climatic and geological events.

Very few studies are as now available on aspects of the Quaternary of the Clay Belt of northeastern Ontario and northwestern Québec. It is hoped that the information on the postglacial geochronology vegetation and paleoclimates of the Little Clay Belt contained in this article will help Quaternary geologists and geomorphologists resolve some of the many unanswered questions concerning the Late Quaternary history of this large area of Canada.

Acknowledgements

This work would not have been possible without the help of Mr. R.J. Mott, Dr. S. Federovich and Mrs. L. Wilson of the Quaternary Paleoecology Laboratory of the Geological Survey of Canada. I also wish to thank Dr. W. Blake Jr., of the G.S.C., for providing me with the valuable radiocarbon dates.

References

CHAPMAN, L.J. and M.K. THOMAS, 1968. The climate of northern Ontario. Clim. Stud. 6, Met. Brch Dep. Transport, Toronto. 58 p.

DEEVEY, E.S. and R.F. FLINT, 1957. Postglacial hypsithermal interval. *Science*, 125 (3240) : 182-184.

ERDTMAN, G., 1954. An introduction to pollen analysis. *Chronica bot.*, 239 p.

FAEGRI, K. and J. IVERSEN, 1964. Textbook of pollen analysis. Hafner Publ. Co., New York, 237 p.

HILLS, G.A., 1962. Soil-vegetation relationships in the boreal Clay Belt of eastern Canada ; in Botanical excursion to the boreal forest in northern Québec and Ontario (W.K.W. Baldwin, editor). *Natn. Mus. Canada*, Guidebook for field trip 7, IX Int. Bot. Cong., 107 p.

IGNATIUS, H.G., 1956. Late-Wisconsin stratigraphy in north-central Québec. Unpublished Ph.D. thesis, Yale University, 76 p.

MOTT, R.G., 1966. Quaternary palynological sampling of the Geological Survey of Canada. G.S.C., paper 66-41, 24 p.

POTZGER, J.E., 1953. Nineteen bogs from southern Québec, *Can. J. Bot.*, 31 : 383-401.

POTZGER, J.E. and A. COURTEMANCHE, 1956A. A series of bogs across Québec from the St. Lawrence valley to James Bay. *Can. J. Bot.*, 34 : 473-500.

POTZGER, J.E. and A. COURTEMANCHE, 1956B. Pollen study in the Gatineau valley, Québec. *Bot. Stud. Butler Univ.*, 13 (L) :12-27.

RICHARD, P., 1970. L'analyse pollinique au Québec : mise au point et tendances actuelles. *Rev. Géogr. Montr.*, 24 (2): 189-197.

ROWE, J.S., 1959. Forest regions of Canada. *Bull. Forestry Branch*, no. 123, 71 p.

TERASMAE, J., 1959. Notes on the Champlain Sea episode in the St. Lawrence, Québec. *Science*, 130 : 334-336.

TERASMAE, J., 1960. A palynological study of post-glacial deposits in the St. Lawrence lowlands. *G.S.C.*, bull. No. 56 : 1-22 — (in Contr. Can. palynology 2 (part 1) 41 p.).

TERASMAE, J., 1961. Notes on late Quaternary climatic changes in Canada. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 95 (1) : 658-675.

TERASMAE, J., 1962. Geological notes and impressions ; in Botanical excursion to the boreal forest in northern Québec and Ontario (W.K.W. Baldwin, editor). *Natn. Mus. Canada*, Guidebook for field trip 7, IX Int. Bot. Cong., 107 p.

TERASMAE, J., 1969. Quaternary palynology in Québec : a review and future prospects. *Rev. Géogr. Montr.*, 23 (3) : 281-288.

TERASMAE, J. and T.W. ANDERSON, 1970. Hypsithermal range extension of white pine (*Pinus strobus* L.) in Québec, Canada. *Can. J. Earth Sci.*, 7 (2) part 1 : 406-413.

TERASMAE, J. and O.L. HUGHES, 1960. A palynological and geological study of Pleistocene deposits in the James Bay Lowlands, Ontario. *G.S.C.*, bull. No. 62, 15 p.

VILLENEUVE, G.O., 1967. Sommaire climatique du Québec, Publ. *Min. rich. nat.*, Québec, no M-24, 168 p.

VINCENT, J.S., 1971. Le Quaternaire des cantons de Guigues, Baby, Duhamel et Laverlochère, Comté de Témiscamingue, Québec. Unpublished master, thesis, Ottawa University, 146 p.

COMMUNICATION BRÈVE

LA PLUS ANCIENNE RÉCOLTE QUÉBÉCOISE DE *CAREX HELEONASTES*

Marcel RAYMOND †
4900 Blvd Pie IX, Montréal, Québec

Carex Heleonastes Ehrh. in L. f., Suppl., p. 414, 1781 ; Kükenthal, Cyperaceae-Caricoideae, p. 214, 1909, p. p.

CANADA. Québec : Rivière Témiscamie, Territoire de Mistassini, Portage Andrew-Gunner ; dans les tourbières humides le long du portage juillet 1944, *Rousseau et Rouleau 1344* (MTJB).

C'est la première récolte dans le Québec. Malheureusement, le matériel fut distribué sous le nom de *Carex tenuiflora* Wahlenberg et de ce fait passa inaperçu.

Suivirent sa découverte à Sucker Creek en 1947 par l'expédition canado-finlandaise composée de Hustich, Tuomikoski, Balwin et Kucyniak, chargée d'étudier la flore de la baie James, ainsi qu'une récolte de Hustich dans la région de Knob Lake (lac Gillard) en 1948. Finalement, l'équipe Dutilly, Lepage et Duman le repérèrent à plusieurs reprises dans le bassin de la baie James, notamment : embouchure de la rivière Rogan, Pointe au nord de la baie Paul, embouchure de la rivière Beaver, Eastman, Vieux Comptoir. Ils publièrent en 1958 une carte de distribution pour l'est du Canada de *Carex amblyorhyncha* Krecz. (*sensu lato*) comprenant, semble-t-il, aussi bien *C. amblyorhyncha s. str.* que *C. Heleonastes.*

Ce groupe d'espèces étroitement apparentées est circumboréal et relativement bien répandu dans le nord de l'Europe. En Amérique du Nord, son aire s'étend depuis l'Alaska et la Colombie-Britannique jusqu'au Québec et au Groenland, mais avec des hiatus considérables, comme en fait foi la carte de distribution mondiale publiée par Hultén (1962).

Parmi les divers ségrégats, le *Carex neurochlaena* Holm n'apparaît qu'une forme où le bec du périgyne est un peu plus court, distinction toute mandarine. En revanche, V. Kreczetowicz, l'éminent caricologue russe, mort prématurément lors du siège de Leningrad (1941-1943), décrivit avec plus de sagesse la plante arctique sous le nom de *Carex amblyorhyncha.* Ce jugement fut accepté par Porsild (1964), de même que par Gjaerevoll (1958) et Tolmatchev (1966). Porsild et Tolmatchev publièrent des cartes de distribution convaincantes: canadienne et sibérienne. Böcher (1952), dans une monographie détaillée, a tenté de situer ces divers ségrégats — plusieurs ne sont pas mentionnés dans cette note — à des rangs taxonomiques divers.

Pour conclure, en plus de réelles distinctions d'ordre morphologique, le *Carex amblyorhyncha* habiterait les tourbières mouillées du Haut Arctique, alors que le *Carex Heleonastes* fréquenterait celles de la région subarctique.

Références

BÖCHER, T., 1952. A study of the circumpolar *Carex Heleonastes-amblyorhyncha* complex. *Acta arct.*, 5 : 1-32.

DUMAN, M., 1947. Status and distribution of *Carex neurochlaena* Holm. *Bull. Torrey bot. Club*, 74 : 151-152.

DUTILLY, A., E. LEPAGE et M. DUMAN, 1954. Contribution à la flore du versant occidental de la Baie James, Ontario. *Contr. Arct. Inst. cath. Univ. Am.*, 5F : 1-144.

DUTILLY, A., E. LEPAGE et M. DUMAN, 1958. Contribution à la flore des îles (T.N.O.) et du versant oriental (Qué.) de la Baie James. *Contr. Arct. Inst. cath. Univ. Am.*, 9F : 1-199.

GJAEREVOLL, O., 1958. Botanical investigations in Central Alaska, especially in the White Mountains. Part 1. Pteridophytes and Monocotyledones. *K. norske Vidensk. Selsk. Skr.*, NR 5 : 1-74.

HULTÉN, E., 1962. The circumpolar plants. 1. *K. svenska Vetensk-Akad Handl.*, ser. 4, 8 : 5.

HULTÉN, E., 1968. Flora of Alaska and neighboring territories. Stanford University Press, 1008 p.

HUSTICH, I., 1951. Forest-Botanical Notes from Knob Lake Area in the Interior of Labrador Peninsula. *Ann. Rep. natn. Mus. Can.* 1949-1950.

KRECZETOVICZ, V., 1935. Cyperaceae. *In* : Flora U.S.S.R., Vol. 3, p. 184 ; p. 595 (descr.)

PORSILD, A. E., 1964. Illustrated Flora of the Canadian Arctic Archipelago. *Bull. natn. Mus. Can.*, No. 146 : 1-218. 70 figs., 344 maps.

TOLMATCHEV, A., 1966. Flora Arctica U R S S. Fasc. 2. Cyperaceae. 174 p., 65 maps.

REVUE DES LIVRES

KREBS, C.J., 1972. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper and Row, New York, X + 694 p., 39 tab., 362 fig. 18-5 X 24 cm. Relié, $14.95.

Malgré l'extrême diversité de ses approches, l'écologie moderne est caractérisée par quelques principes fondamentaux parmi lesquels l'auteur retient l'étude de la distribution et de l'abondance des êtres vivants. La méthode expérimentale sera le seul garant de l'avancement des connaissances écologiques et la devise dont tout chercheur devrait s'imprégner est « *What experiment could answer this question ?* ». Dans une telle perspective, Krebs propose une définition très dépouillée de l'écologie qui est « l'étude scientifique des interactions déterminant la distribution et l'abondance des organismes » (p. 4).

Ecology n'est pas un précis d'écologie théorique ni un précis d'écologie descriptive mais plutôt une introduction aux problèmes écologiques fondamentaux abondamment illustrée par des exemples judicieusement choisis aussi bien dans le règne animal que dans le règne végétal. Les problèmes sont abordés sur un triple front : dans leur contexte naturel, par la méthode expérimentale et par leur formulation mathématique. En aucun cas cependant, le lecteur ne devra se laisser rebuter par l'aspect impersonnel de certaines pages couvertes de formules mathématiques (pp. 184-185 et pp. 490-491). Des notions de base en statistiques sont amplement suffisantes à la bonne compréhension du texte. De plus, l'auteur s'avance graduellement dans la complexité du raisonnement mathématique de telle sorte que l'analyse de plus en plus poussée des phénomènes écologiques reste très aisée à suivre. D'ailleurs, une lecture attentive et critique des nombreux graphiques à la présentation irréprochable accompagnant cette analyse permet de capter intuitivement l'essence même du raisonnement mathématique (chap. 11 et 16). L'auteur insiste tout particulièrement sur le fait que, malgré la rigueur de l'analyse mathématique, peu de problèmes écologiques, même les plus fondamentaux, sont loin d'être résolus. De trop nombreuses controverses divisent les écologistes en deux camps qui, très souvent, paraissent irréconciliables. Il n'est pas essentiel de se ranger dans l'un ou l'autre de ces deux camps mais, au contraire, de porter un jugement critique sur les causes qui conduisent deux auteurs à des conclusions opposés après observation et étude du même phénomène : ce n'est pas le moindre tour de force de l'auteur que de réussir à toute occasion et nous n'en voulons que comme exemple la présentation du concept phytosociologique et du concept du continuum (p. 391-402). Dans le but de parfaire notre jugement critique, il nous est proposé, à la fin de chaque chapitre, une série de questions très pertinentes accompagnées d'une sélection bibliographique sur les principaux problèmes évoqués dans le chapitre.

Bien que divisé en cinq parties, l'ouvrage ne comporte que trois grandes divisions : 1) étude de la distribution et de l'abondance des organismes au niveau de la population, 2) au niveau de la communauté et 3) deux chapitres sur l'écologie humaine. La première partie, *What is ecology* constitue la véritable introduction dans laquelle nous apprenons que l'écologie n'a pas débuté avec Haeckel en 1869 mais qu'elle était déjà implicitement reconnue dans les écrits d'Aristote, Hérodote et Platon. Le schéma par Macon (1963) [1] sert de trame pour paser en revue en une suite on ne peut plus logique, l'ensemble des facteurs limitant la distribution des organismes au sein d'une même population. Nous pouvons alors aborder le problème de leur abondance par le biais de l'étude des lois régissant l'accroissement et la régulation naturelle de toute population. Un chapitre consacré à des exemples d'études de populations aussi bien animales que végétales, et deux à des applications pratiques des concepts développés dans les parties II et III (rendement optimal d'une population et contrôle biologique) achèvent la première grande division de l'ouvrage consacrée au niveau « population ».

L'étude au niveau « communauté » est alors développée dans les 8 chapitres de la partie IV selon les divisions de l'ouvrage proposée par l'auteur. Après avoir objectivement présenté les principales caractéristiques de la communauté, Krebs est enclin à adopter le concept de continuum car, trop souvent, à son avis, « la classification des communautés a davantage été une convenance pour l'homme que la véritable description de la structure fondamentale de la nature » (p. 44).

[1] Macan, T.T., 1963. Freshwater Ecology. Longmans, London.

Les exemples pris dans le monde végétal illustrent l'étude du dynamisme des communautés et amènent l'auteur à conclure que « la notion de climax est un concept abstrait réalisé au hasard suivant les fluctuations continues du climat » (p. 432) et que « toute communauté stable serait plutôt une mosaïque des 4 phases suivantes : pionnière, de consolidation, mature et de dégénérescence » (p. 437).

Les deux chapitres consacrés à la production primaire et à la production secondaire restent confus car il est difficile d'extraire des lois générales de la véritable avalanche d'exemples, encore une fois parfaitement illustrés, que l'auteur nous soumet.

Une tentative d'explication écologique des causes de la diversité spécifique, l'organisation des communautés dont l'étude est très restreinte par l'absence des données de base sur le fonctionnement et les interactions des différentes populations les composant et la présentation de certains facteurs écologiques inducteurs de l'évolution naturelle clôturent l'étude des communautés.

Malgré ses justifications, l'auteur ne réussit pas à nous persuader sur la nécessité de présenter une dernière partie intitulée « écologie humaine ». Il est absolument impossible de condenser en deux chapitres les problèmes de la démographie galopante, des besoins en nourriture, des besoins en énergie et de la pollution, pour ne citer que les principaux. Dans le domaine si particulier du devenir de l'humanité, il est indispensable de dépasser le stade analytique et d'envisager les problèmes principaux dans une perspective globale (D. H. Meadows *et al.*, 1972) [2]. Ce n'est sûrement pas le seul accroissement du rendement aux maux de l'humanité, ni d'ailleurs aux seuls besoins nutritifs.

En définitive, nous sommes en présence d'un ouvrage d'une valeur exceptionnelle et même si l'auteur ne veut s'adresser qu'aux étudiants, son message va plus loin car tout enseignant et tout chercheur rencontrent la démarche scientifique tout au long des 694 pages. L'enchaînement logique des chapitres, la clarté du texte, la précision des illustrations, la sobriété de la mise en page, les innombrables ouvertures sur les problèmes fondamentaux et cruciaux de l'écologie moderne et les 862 références bibliographiques font de *Ecology* l'actuel précis de référence pour toute personne oeuvrant dans le domaine écologique.

Jean-Pierre DUCRUC

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

[2] Meadows, D.H. et *al.*, 1972. The limits to growth. New American Library Inc., New York.

GARVEY, G., 1972. **Energy, Ecology: A Framework for Environmental Policy.** N. Y. Norton & Company Inc., New York, and George J. McLeod Limited, Toronto, 235 p., 18 fig. Clothbound, no price mentioned.

The theme of this important book is that the crucial requirement of ecological solvency is not that there be no artificial effluents, but that the rate at which refuse is discharged should not over-load the ecosystem's capacity to absorb the burden of residues engendered by the « humanly engineered energy economy » (p. 70).

A project of the Centre of International Studies, Princeton University, the book examines current consumption patterns in the United States for coal, oil, natural gas, nuclear energy, and electric power. In the man-made « energy order » fuels are extracted, transported, and converted into heat and energy. In the process, neither the fuels nor the heat are completely used up. « Depletive wastes », technical deficiencies, and the fact that consumption in never complete, — « high consumption » is really only « quasi-consumption » — it means that physical residues and unused heat are discharged into the natural environment to be disposed of by the ecological cycle. If the burden exceeds the assimilative capacity of the ecosystem the result is « seral disturbance » and « pollutive build-up ».

Dr. Garvey establishes a systematic framework for the analysis of the complex of interrelated external costs engendered by the impact on the natural ecosystem of failures in the artificial « energy order », (called here « the economy-ecosystem interface »). He has collected material from a wide range of sources in an attempt to appraise these external costs, but he makes clear the limitations of available data and the great uncertainty of any possible estimates of even the economic costs of such spillover effects, let alone the less tangible social costs.

« Nature is under a persistent burden to complete the process of quasi-consumption ». When concentrated discharges of residuals cannot be

absorbed locally, they may in some cases be carried away by the natural transport media of wind and water, dispersed, decomposed and assimilated where there is spare absorptive capacity. If this is impossible a pollutive build up is likely to result in a cumulatively widening gap between the natural absorptive capacity and the residues to be disposed of, unless harmful effluents (especially such types as can be only very gradually decomposed and absorbed by natural processes) can be concentraded and segretated. A third alternative is to develop new techniques that will provide man-contrived substitutes for natural processes of absorption by methods of re-cycling and more complete consumption.

Effective policy-making requires an awareness of the whole range of man-made and natural « sources » and « sinks » of waste residues and their interconnections, notably such dangers as that of increasing air pollution by concentrating liquid wastes into a solid form for burning, or of substituting water pollution for air pollution if acid fumes in stack gases are trapped and washed away.

The analytical framework within which Dr. Garvey co-ordinates his empirical studies is presented as a mathematical model in an appendix. This emphasizes, not the absolute quantity of a contaminant per unit of air or water, but the rate of overrun of waste output beyond the ecosystem's capacity to cleanse itself. It demonstrates the urgency of the need for a systematic, co-ordinated approach to the problem. The market system, with the great advantage that it provides for decentralised decision-making, has not provided a solution to the problem of pollution. Other social institutions that offer alternative means for rationing and allocating the use of scarce resources, include legal processes and government intervention — regulation and controls, taxes and subsidies. Judicial procedures are cumbersome and conservative, inflexible and inefficient. They are simply not designed to produce the sort of long range public policy decisions that are needed. The existing political system, too, is not an effective instrument for decision-making for the *general* welfare. « Externalities are not mere random distortions in the market allocation of 'good' and 'bads'. Often externalities systematically transfer costs and benefits from one special priviledged or victimized groups ». Dr. Garvey suggests that a government acting as an « interest broker », a mere adjuster of the competing claims of special interests ; a government policy focussed on the positive externalities traditionally thought to flow from « development » without consideration of the negative externalities ; government agencies with fragmented jurisdiction and competing bureaucracies are unlikely to meet the challenge of the need for an energy policy treated as a single national problem. (p. 194). The problem is a political as well as an economic and ecological problem. Dr. Garvey's book makes an important contribution towards putting the issue in a clear perspective. It is useful complement to the work of such economists as Allen Kneese, Robert Ayres and Ralph d'Arge in their *Economics and the Environment.*

It is not, however, easy reading, since it involves complex concepts drawn from a wide range of sciences. Dr. Garvey has had to make use of theoretical ideas developed by economists, biologists, physicists, political scientist, and other scientists, and so, despite an admirable effort to keep jargon and technical abstruesness to a minimum, the book is studded with technical terms and « neologisms », such as « nature's energetic investment », « ecosystem coupling », and « eutrophication », which a helpful glossary explains. In view of extraordinary complexity of the issues at stake and of the varied range of information and theory essential to explain their significance, Dr. Garvey has produced a remarkably compact and clear statement of the problem. While not all his suggestions command agreement (what, for example, eventually happens to dispersed but not decomposed contaminants ?) his book should be immensely useful to all who are concerned with problems of environmental degradation, Canadians as well as his countrymen.

Irene M. SPRY

Department of economics
University of Ottawa, Ottawa

MacARTHUR, R. H., 1972. **Geographical Ecology : Patterns in the Distribution of Species.** Harper and Row, New York, 269 p. 16 × 24 cm. Relié, $12.95.

Un titre curieux pour les puristes des sciences naturelles habitués aux expressions conventionnelles de biogéographie générale, végétale et/ou animale, etc., *Geographical Ecology* est le plus récent ouvrage de synthèse. Il constitue

une sorte de réflexion et de consécration des travaux de l'auteur sur l'écologie de l'avifaune. Sous une rubrique aussi générale, « l'écologie géographique » de MacArthur concerne plus particulièrement l'écologie animale, surtout les oiseaux ; le contenu de l'ouvrage ne répond pas en tous points au contenant. Il s'adresse avant tout aux écologistes et géographes de la faune. À la lecture des principes énoncés dans le texte, il peut intéresser tout écologiste ou géographe des sciences naturelles soucieux de connaître les exigences de l'interdisciplinarité. Ce dernier aspect n'est pas un but nécessairement recherché et avoué par l'auteur. Tout scientifique non familier avec les travaux de MacArthur et de ses collègues peut s'enrichir énormément de cette synthèse.

Pour MacArthur, faire de la science c'est non seulement accumuler des faits, mais rechercher des patterns répétitifs. Faire de « l'écologie géographique » c'est rechercher des patterns dans la vie végétale et animale qui peuvent être mis sur une carte. Ce point de vue est connu des géographes et des phyto-écologistes et ne constitue pas une approche nouvelle dans le domaine des sciences naturelles, comme semble le sous-entendre MacArthur. Ce dernier souligne que son point de vue est non traditionel.

L'approche phénoménologique est préférée à l'approche sectorielle. C'est un effort très louable, car la tâche est difficile et surtout hautement écologique.

L'ouvrage est divisé en deux parties. La première partie concerne une mise au point sur les éléments essentiels pouvant expliquer les patterns biogéographiques, lesquels sont décrits dans la deuxième partie. Chaque partie est composée de chapitres pertinents, bien structurés et, dans la majorité des cas, terminés par un appendice traitant de l'aspect mathématique des sujets discutés. L'auteur souligne avec raison que chaque chapitre est cohérent sans l'aide des mathématiques. Le recours aux appendices mathématiques permet de progresser dans l'étude approfondie des thèmes. De bonnes connaissances en calculs différentiel et intégral, ainsi qu'en théorie des probabilités sont nécessaires pour comprendre et assimiler l'information présentée dans la plupart des appendices.

Le premier chapitre discute des climats de la biosphère comme cause des grands patterns biologiques. Si le texte est brillant, l'appendice montrant le calcul de l'adiabatique est hors propos, ne s'insérant pas logiquement dans le corps de l'ouvrage. Les notions et les principes de compétition et de prédation sont présentées au chapitre 2 et reviennent tout au long du texte pour expliquer divers types de patterns. Les stratégies de paissance (chapitre 3) en constituent le prolongement logique, lequel est bien illustré par l'hypothèse de la compression des niches. Cette hypothèse s'applique évidemment aux sciences de la végétation. Le chapitre 4 termine la première partie en esquissant la géographie de la classification des espèces, où sont décrits les stades dans la formation des espèces. L'auteur met en relief les principes énoncés dans les chapitres précédents pour décrire la spéciation. L'exemple choisi concerne les oiseaux de Nouvelle-Guinée. Il s'avère particulièrement didactique pour montrer l'importance écologique des distributions allopatrique et sympatrique et celle de la compression des niches due à la compétition.

L'étude des patterns dans la partie II débute par une démonstration longue et bien documentée des patterns insulaires. L'auteur développe beaucoup cet aspect. D'ailleurs, on note une préférence marquée chez MacArthur pour les travaux de biogéographie insulaire. Il est tout à fait plausible que des études détaillées sur l'écologie et la colonisation des îles fournissent des données fondamentales sur les lois de la distribution des organismes vivants. On retrouve dans cette partie de l'ouvrage des principes pouvant être utilisés dans d'autres disciplines connexes, notamment en ce qui concerne la nature de la colonisation insulaire, où interviennent un élément de chance et le mode de croissance des populations naissantes. Une population fondatrice devrait avoir un taux de croissance aussi grand que possible. Nous retrouvons une tendance semblable dans les populations d'espèces végétales caractéristiques d'un stade pionnier. L'extinction d'espèces peut être rapide dans un milieu insulaire. L'auteur distingue trois causes d'extinction : 1. les fluctuations de population au hasard ; 2. la compétition ; 3. la prédation. Une autre cause probable serait évidemment un changement important dans l'habitat. Le processus d'équilibre insulaire est ensuite abordé. La colonisation d'une île tend vers un équilibre dans le nombre d'espèces, où l'immigration contrebalance l'extinction. Cet équilibre varie en fonction de la proximité des îles du continent et selon leur taille. Pour MacArthur, de tels patterns se trouvent aussi dans des habitats particuliers des continents ; on peut considérer les massifs montagneux, les tourbières, les boisés de ferme, etc., comme des habitats « insulaires ». Toutefois, l'effet d'isolement

ou de distance est moins important pour les diaspores atteignant ces habitats. On note de tels effets dans la végétation, notamment dans le cas de l'effet de bordure. L'auteur accorde moins d'importance que certains biogéographes sur l'impact des ponts continentaux ; le hasard dans la dispersion des organismes a toujours été un aspect sousestimé. Il faut être prudent dans l'interprétation de la colonisation de milieux isolés. MacArthur souligne un point très important, celui du déterminisme en écologie. Il faut être moins mécaniste dans l'étude de la distribution des organismes vivants. Nous observons beaucoup d'exemples semblables en phytogéographie.

Le chapitre 6 discute la distribution des espèces ; il apparaît relativement faible. L'auteur n'a pas essayé de déterminer une typologie des distributions d'espèces. Il estime que les patterns de distribution de simples espèces semblent être encore des catalogues de cas spéciaux. Certes, chaque espèce est un cas spécial, mais une généralisation au niveau de groupes d'espèces peut être tentée. Dans ce chapitre, on a l'impression que l'auteur est plus écologiste que géographe. Une autre faiblesse est la mauvaise compréhension et le peu d'espace réservé à la notion de communautés. MacArthur se réfère aux travaux de Whittaker, un des promoteurs de la théorie du continuum, et de Holdridge, peu connu en synécologie, pour étayer cette notion. Le lecteur reste sur son appétit, car on est en droit de s'attendre à un développement important de cet aspect. Les communautés d'organismes constituent un chapitre fondamental dans tout travail de synthèse en « écologie géographique ».

L'étude des patterns de diversité des espèces, présentée au chapitre 7, constitue une des sections les plus importantes de l'ouvrage. Après avoir souligné l'intérêt des calculs de diversité, l'auteur discute du principe d'égale opportunité associé à la colonisation éventuelle d'habitats différents et contigus. Les milieux complexes dénombrent plus d'espèces que les milieux simples, mais une fois que ces derniers atteignent un équilibre spécifique, ils possèdent la même opportunité d'immigration de nouvelles espèces. L'auteur tente par après d'expliquer en termes de diversité les différences écologiques existant entre divers habitats. Cette section du chapitre est intéressante ; elle nous fait réfléchir sur l'amplitude écologique des espèces. L'auteur note qu'en dehors du poids de l'histoire, des conditions de milieu semblables favorisent une même diversité spécifique. Des différences écologiques créent des diversités différentes. Cette section introduit logiquement le lecteur au chapitre suivant, réservé aux comparaisons entre les Tropiques et le Domaine tempéré. Il souligne que la disparition des saisons favorise une augmentation de la diversité. Dans les régions à climats saisonniers, une espèce doit agrandir son spectre d'utilisation du milieu. La spécialisation est favorisée dans les climats sans saisons.

Le dernier chapitre est réservé au rôle de l'histoire dans la détermination de pattern biogéographiques. Cette partie de l'ouvrage est moins intéressante que prévue. L'auteur se contente d'effleurer certains grands thèmes, comme l'avènement de la période glaciaire. La paléogéographie des ères pré-quaternaires n'est pas considérée. Encore une fois, l'écologiste l'emporte sur le géographe.

L'ouvrage de MacArthur est intéressant et recommandable à tout naturaliste, même si ce n'est pas véritablement un manuel de biogéographie au sens strict. L'auteur convient avec raison que son livre n'est pas destiné à fournir des observations, mais plutôt présenter les principes d'une science. Nous devons noter que ce dernier a probablement réussi dans le domaine qui l'intéresse, les oiseaux. L'ouvrage ne peut pas, cependant, servir de modèle à une véritable *Geographical Ecology*. La biogéographie de l'avifaune serait un titre plus représentatif du contenu de ce livre.

Serge PAYETTE

Département de phytotechnie
Université Laval, Québec

REYMENT, R.A., 1971. **Introduction to quantitative Paleoecology**. Elsevier, New York, xii + 226 p., 52 tab., 36 fig. 16 × 23 cm. Relié, $19.00.

Après les travaux de G.G. Simpson, Roe et Lewontin (1960) sur la zoologie quantitative, de D. Ager (1963), de R.F. Hecher (1965), de J. Imbrie et M.D. Newell, des travaux de J.A. Boucot (1953), J.L. Baer (1969), des nombreux travaux de Reyment et plus encore de l'étude paléoécologique exceptionnelle de Newell sur les récifs permiens des montagnes Guadalupe du Texas et du Nouveau Mexique, le récent ouvrage de Reyment comble quand même un vide.

En effet, si ce livre ne nous apprend rien de neuf sur les méthodes quantitatives comme

telles. Il a le mérite de rassembler un certain nombre de cas autour de problèmes comme les effets de l'environnement, les problèmes posés par la distribution spatiale, les assemblages fossiles et la dynamique des populations.

De plus, l'auteur aborde ces cas-problèmes avec beaucoup d'imagination, mais aussi avec un grand esprit critique. Il est fidèle à ce qu'il affirme lui-même dans la préface savoir, que la statistique ne doit pas devenir une fin en soi, que c'est un outil qui fournit des résultats dont on doit tirer toutes les conclusions possibles pourvu qu'elles soient significatives et cohérentes avec l'ensemble des données.

Un volume sans prétention, mais très utile qui peut être recommandé aux étudiants gradués.

Yvon PAGEAU

Département des sciences de la terre
Université du Québec à Montréal, Montréal

ANONYME, 1972. **Continents Adrift. Readings from Scientific American.** Freeman, San Francisco, 172 p., 135 fig. 28.5 × 21.5 cm. Broché, $3.50 ; relié, $7.00.

S'il existe des modes dans le vêtement, il en existe aussi en sciences. Dans l'un et l'autre domaine, rares sont ceux qui ont la personnalité ou la force nécessaire pour s'écarter du courant. En science, il suffit souvent de se laisser entraîner, de répéter la version officielle ou d'endosser les théories « à la mode » pour se faire accepter n'importe où et publier rapidement des travaux plus ou moins originaux. Les jeunes audacieux qui osent contester leurs prédécesseurs en proposant des explications nouvelles devraient savoir qu'une meute féroce guette leurs gestes téméraires. Si vous désirez un exemple éloquent, souvenez-vous des controverses stupides et des luttes épiques qui ont accablé Alfred Wegener, l'auteur de *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, ouvrage paru en 1915, dans lequel l'auteur cherchant à renouer les liens entre la géophysique, la géographie et la géologie, formulait l'hypothèse de la dérive des continents. Cette théorie tant combattue n'est-elle pas redevenue à la mode depuis une dizaine d'années, après que quelques éminents scientifiques américains en eurent rafraîchi la « coupe ».

Continents Adrift, un recueil d'articles parus dans *Scientific American* au cours des dernières années, rappelle cruellement qu'être en avant de son temps signifie souvent incompréhension, agressivité et parfois mépris de ses contemporains, convaincus d'être les seuls possesseurs des vérités établies. L'ouvrage comprend 15 articles de valeur groupés en trois sections : la première intitulée *La mobilité de la Terre* réunit des articles rédigés entre 1952 et 1962 qui font part des découvertes qui ont conduit à penser que l'intérieur de la Terre n'était pas rigide et que par conséquent il pouvait donner naissance à des mouvements de l'écorce terrestre tel que la dérive des continents. Les articles de la seconde partie traitent directement de la dérive des continents, de l'expansion du fond des océans et de la tectonique des plaques ; les cinq articles choisis constituent un plaidoyer éloquent réhabilitant la mémoire de Wegener, même s'il en est peu question ici, les explications de ce dernier ayant été modifiées sensiblement. Les cinq articles de la troisième partie fournissent des exemples de dérive continentale et soulignent les conséquences du phénomène pour l'avenir de la planète. Outre les articles de fond, on trouve une préface, quatre introductions et une conclusion par le professeur J.T. Wilson, l'un des grands géophysiciens du Canada, un index (4 p.) et de petites bibliographies sommaires accompagnées de notes biographiques (7 p.).

L'édition est de bonne qualité, les illustrations sont abondantes, simples et bien rendues ; 68% sont partiellement en couleurs et 3 planches pleine page le sont entièrement.

Que l'on partage ou non les opinions exprimées dans les divers articles ne diminue nullement la valeur informative et éducative de cet ouvrage qui s'adresse non seulement à l'homme de science, mais à toute personne cultivée qui est à la recherche des vérités du cosmos. La lecture de *Continents Adrift* les aura rapidement convaincus que la dérive des continents est liée à l'expansion de la Terre et non à un simple déplacement des masses continentales dans les océans environnants. Ils comprendront sans doute aussi pourquoi le professeur Wilson qualifie de « révolution scientifique » le renversement de l'opinion générale voulant que les continents soient rigides. De l'avis même du géophysicien, « *The acceptance of continental drift has transformed the earth sciences from a group of rather unimaginative studies based upon pedestrian interpretations of natural phenomena into a unified science that is exciting and dynamic and that holds out the promise of great practical advances for the future* ».

Après la lecture de *Continents Adrift*, il se révèle facile d'évaluer la portée de ce jugement de J.T. Wilson. On sait que désormais sans imagination fertile, le géophysicien ne pourra faire progresser cette science. Dommage que l'ont ait gaspillé tant d'énergie à combattre celui qui formulait l'hypothèse de la dérive des continents, il y a déjà une soixantaine d'années. Les géologues les plus conservateurs doivent en prendre leur parti et se mettre dès maintenant à l'école des James Bond ou des Sherlock Holmes de la géophysique.

Si l'on considère l'information offerte, la qualité de l'édition et le prix modique de l'ouvrage, il devrait connaître une large diffusion ; ce que nous souhaitons. Géologues et géographes physiques ont intérêt à le lire, à le méditer et à le conserver.

Jean-Claude DIONNE

Centre de recherches forestières des Laurentides
Ministère de l'environnement, Québec

KING, C.A.M., 1972. **Beaches and Coasts.** Edward Arnold, London, 2e éd. x + 570 p., 214 fig. 19 × 25 cm. Relié, environ $25.00.

La réédition d'un ouvrage ne donne pas toujours lieu, loin de là, à des changements significatifs ou à une amélioration évidente du contenu, la plupart des auteurs ne se donnant pas le peine d'apporter les corrections souhaitables et de faire la mise à jour nécessaire, de sorte qu'il s'agit souvent de réimpressions avec retouches mineures et non d'une véritable réédition. Heureusement, *Beaches and Coasts* se classe dans la catégorie des ouvrages sérieusement revus par l'auteur. Pour cette raison, il convient d'accueillir avec joie et satisfaction cet ouvrage élémentaire et fondamental à la fois, conçu par l'un des grands spécialistes des littoraux dans le monde, le professeur Cushlaine A.M. King, qui a d'ailleurs eu l'occasion d'œuvrer dans l'Arctique canadien.

Les dehors élégants de l'ouvrage ne servent nullement à masquer des faiblesses du contenu. Au contraire, ils reflètent assez fidèlement sa qualité générale. L'auteur a eu le courage de le réécrire en grande partie, d'apporter les améliorations nécessaires et d'en augmenter considérablement le contenu (167 pages de plus malgré un format élargi et la même grosseur des caractères d'imprimerie). De plus, une grande partie des figures ont été retouchées, remplacées ou ajoutées, et le système métrique a été substitué au système britannique.

La matière est présentée sous une forme nouvelle, plus pédagogique et moins hermétique que celle de l'édition précédente. L'ouvrage comprend quatre parties subdivisées en 21 chapitres. La première partie, relativement courte (36 p.), constitue une introduction appropriée au sujet dans laquelle l'auteur aborde la question de la nomenclature, souligne le caractère essentiellement changeant ou dynamique des plages et discute assez longuement des méthodes de recherche, des aspects techniques, théoriques et pratiques de l'étude des plages.

Miss King a groupé dans trois parties intitulées : les Processus, les Plages, et les Côtes, une matière abondante et riche d'exemples en majeure partie tirés de la littérature de langue anglaise (92.5%), mais avec une nette amélioration sur la première édition (3.5% de travaux en français, 3% en allemand et 1% en d'autres langues).

Dans la partie traitant des processus (168 p.), partie relativement peu modifiée en raison de sa valeur initiale, l'auteur aborde successivement la question des vagues en eau profonde et peu profonde, celle de la marée, de l'effet du vent et des variations du niveau des mers.

La deuxième partie (185 p.) consacrée aux plages, permet de traiter des divers aspects du sujet. Malheureusement les titres de chapitre ne sont pas toujours très explicites. Ainsi, dans celui intitulé « Formes mineures des plages », on trouve réunies des formes d'échelles aussi différentes que les rides de plage et les crêtes et sillons pré-littoraux. L'auteur a aussi choisi de placer dans ce chapitre quelques pages sur les formes caractéristiques des milieux tropicaux et polaires. Vu l'importance du sujet, il aurait été préférable de développer ces deux derniers points et d'en faire l'objet d'un chapitre séparé ; ce qui aurait permis un meilleur traitement de cette question de morphologie climatique et zonale. Il ne fait aucun doute que les deux pages consacrées aux plages polaires paraîtront insuffisantes aux géomorphologues des pays froids comme le Canada.

Dans la troisième partie (156 p.), l'auteur discute d'abord des classifications des côtes, puis aborde successivement la question de l'action positive et négative des vagues à la côte, et énumère plusieurs données témoignant de l'importance et du taux de modification depuis

quelques centaines d'années. Elle s'applique ensuite à décrire les formes et les phénomènes caractéristiques des côtes accores et découpées et des côtes basses.

Fidèle à la tradition, notamment à la géomorphologie du début du siècle avec D. W. Johnson, elle aborde en dernier la question du cycle d'évolution des côtes, mais elle ne perd pas de vue l'aspect souvent très théorique du sujet, sachant qu'au Quaternaire entre autres, de nombreuses variations du niveau marin sont venues perturber les conditions normales d'évolution entravant la réalisation d'un cycle marin complet.

Chaque chapitre est précédé d'un plan schématique et se termine par un sommaire laconique et une orientation bibliographique. Les figures au trait fin sont nettes, simples et en général expressives. L'ouvrage ne contient aucune photographie ; ce qui permet sans doute un meilleur prix de revient, mais lui confère par ailleurs un caractère plus théorique. On pourrait suggérer la publication parallèle d'un atlas illustrant les formes littorales et permettant une meilleure compréhension du texte, qui est sans aucun doute perçu différemment suivant qu'il est lu par un profane ou un initié.

Par sa qualité, *Beaches and Coasts* rendra certainement d'utiles services à ceux qui s'intéressent aux littoraux : géographes, géologues, ingénieurs, biologues, etc. Il valait vraiment la peine de le rééditer. Souhaiter qu'il soit largement utilisé revient à dire que nous le recommandons fortement pour les études de premier et second cycles universitaires. Toutefois son prix apparaît relativement élevé.

Jean-Claude DIONNE

Centre de recherches forestières
des Laurentides
Ministère de l'environnement, Québec

STEBBINS, G.L., 1971. **Chromosomal Evolution in Higher Plants.** Macmillan Company of Canada, Toronto, vii + 216 p., 11 tab., 88 fig. 13.5 × 21.5 cm. Relié-carton, $6.50 ; relié-toile, $12.95.

Ce très bon livre a pour but d'expliquer comment les variations chromosomiques entre individus, entre populations et entre espèces ont contribué et contribuent à l'évolution des plantes vasculaires. On y retrouve les qualités auxquelles Stebbins a habitué ses lecteurs : une exposition lucide, concise et claire, illustrée de nombreux exemples.

Les deux premiers chapitres sont en partie consacrés à une présentation générale de la structure, de la fonction et de l'organisation biochimique et ultrastructurale des chromosomes. Cette présentation est sans doute concise et simplifiée, mais elle me semble suffisante comme introduction à la préoccupation principale de l'auteur, celle d'exposer les mécanismes cytogénétiques de l'évolution des plantes supérieures. À partir du 3ème chapitre, Stebbins aborde les thèmes principaux de son livre : la dimension des chromosomes, la quantité et la distribution des régions hétérochromatiques, les réarrangements chromosomiques et l'évolution du karyotype, l'appariement méiotique, l'hybridation et la polyploïdie. Ces thèmes sont présentés selon une succession logique et plusieurs rappels et renvois font le lien entre les divers sujets traités.

Les exemples sont bien choisis et les illustrations, à part quelques rares exceptions, pertinentes et claires. Parmi les exceptions, on pourrait relever les figures 4.5 et 4.25 qui ne clarifient certainement pas les phénomènes qu'elles doivent illustrer. On ne peut non plus passer sous silence les erreurs qui se sont glissées dans les figures 4.2 et 4.3. Certains phénomènes sont présentés dans les deux premiers chapitres et sont discutés de nouveau plus loin. Ainsi, l'appariement méiotique est le sujet des pages 40 à 48 et 113 à 123. Il y aurait eu avantage à regrouper ces deux sections, car il est difficile de considérer séparément la signification évolutive des variations de l'appariement méiotique (p. 113) et les facteurs qui agissent sur cet appariement (p. 44) ; certaines répétitions eurent pu, du même coup, être évitées. Il faut préciser, cependant, qu'à la lecture du livre on ne sent pas ces répétitions. Stebbins excelle dans l'art de présenter un sujet de façon à la fois claire et concise. Il ne craint pas non plus de soulever les problèmes encore obscurs (e.g. la fonction des chromosomes accessoires), de suggérer des explications possibles aux phénomènes mal compris, tout en signifiant clairement la limite entre l'interprétation et la spéculation.

Les idées majeures qui se dégagent de ce livre sont la variabilité et la versatilité de l'organisation chromosomique et l'importance évolutive de la polyploïdie combinée à l'hybridation. Les 75 pages consacrées aux divers

aspects de l'étude de la polyploïdie sont une fort bonne synthèse de l'état actuel de cette question, à laquelle Stebbins lui-même a consacré beaucoup de travaux. Une lecture attentive de ce livre doit être conseillée à tous ceux qu'intéressent l'évolution et la taxonomie des plantes.

Pierre MORISSET

Département de biologie
Université Laval, Québec

YAPP, W.B., 1972. **Production Pollution, Protection.** *Wykeham Science Series.* Volume 19. Wykeham Publications Ltd., London. xi + 183 p., 15 fig., 12 tab. 14 × 22 cm. Broché, $5.80.

Le titre : *Production, Pollution, Protection* résume bien le contenu de ce livre. La production est d'abord envisagée depuis le niveau primaire de la matière organique jusqu'à la conversion de celle-ci en des formes très diverses, à travers les différents niveaux trophiques, partant des plus simples (circuit linéaire) jusqu'aux plus complexes (circuit tridimensionnel).

Pour une meilleure compréhension de l'ouvrage, sont d'abord expliqués de nombreux termes tels : la productivité, la biomasse, l'énergie des niveaux trophiques, le poids sec. Des tableaux-synthèses établissent la production primaire terrestre et aquatique nette pour différents types de végétation, différents milieux et leurs relations avec la longueur de la saison de végétation, la température et la lumière.

Certains facteurs biotiques reliés à la production, comme la densité de la population, la compétition, les parasites et les prédateurs qui affectent les rendements, sont également traités, ainsi que la présence de l'homme, élément important de la production terrestre. Un chapitre complet est consacré à l'analyse critique de l'établissement des pâturages, à leurs effets sur la production terrestre et sur la détérioration du milieu. Un autre concerne l'implantation artificielle des forêts de conifères dans les pays européens. Il y est démontré qu'en respectant convenablement les conditions du milieu, de telles plantations ont peu d'effets sur la détérioration des sols, et les monocultures bien réalisées ne sont pas plus dangereuses que les immenses forêts de sapin et d'épinette des régions nordiques. Ces cultures ont maintenant recréé une flore et une faune à caractère naturel et hautement productif. D'autres milieux artificiels, tels les réservoirs d'eau et les canaux, représentent une autre action importante de l'homme sur son milieu. La diminution des invertébrés, comme les insectes, est plus récente et surtout liée à l'apparition des substances chimiques ou à la destruction des habitats. L'auteur traite également des différentes voies par lesquelles l'homme a pollué son environnement à son détriment. Pollution terrestre, pollution atmosphérique, pollution de la mer, pesticides et déchets radioactifs sont étudiés avec la même rigueur scientifique. Un des effets néfastes notés de la pollution sur les végétaux fut celui sur la distribution des lichens, sur la rareté des tourbières à sphaignes entre Manchester et Scheffield (Angleterre), sur la chute prématurée des feuilles et des lésions occasionnées aux légumes et à la réduction du taux d'assimilation nette par la photosynthèse.

Ce livre a l'avantage, en tout premier lieu, de satisfaire ceux qui recherchent avant tout l'aspect quantitatif des problèmes de l'environnement. Les nombreuses expériences citées et leurs résultats, les exemples précis tirés de tous les milieux vivants, leurs expressions mathématiques et l'exactitude des termes contribuent à la qualité scientifique de l'ouvrage.

L'auteur signale, en exemple, quelques 460 espèces animales et végétales. Chacune de ces mentions correspondant à une donnée écologique ou mathématique, ou chimique ou autre, acquise par l'observation ou par l'expérience scientifique. C'est énorme si l'on considère que le texte est relativement court. Toutes les sphères de l'activité biologique sont ainsi incluses ; c'est l'environnement dans ses dimensions les plus fines aux plus grandes : des invertébrés jusqu'aux grands mammifères, des algues jusqu'aux séquoias. Mais, peu de ces résultats sont accompagnés de références. Il n'existe aucune liste bibliographique et on en est réduit à croire les écrits de l'auteur. Seuls, les tableaux et les figures nous réfèrent à une source exacte.

Une des difficultés que l'auteur a dû surmonter en de nombreuses circonstances fut de généraliser des données ponctuelles à un niveau supérieur de perception. Pour ce faire, il a été souvent obligé d'additionner une abondante liste d'exemples, qui nous semble parfois trop longue, pris dans différents milieux et démontrant tous la même réalité.

Autre point à retenir de ce livre, est la critique que l'auteur fait des données qu'il utilise. Il discute ainsi des nombreux effets aussi bien avantageux que dommageables du DDT, de l'éle-

vage et des cultures agricoles. Enfin, les quelques illustrations que contient cet ouvrage, nous semblent superflues et ne présentent aucun intérêt, pas même esthétique. Un autre reproche concerne les caractères du texte, trop fins et trop denses, qui ne facilitent pas la lecture.

Malgré cela, les personnes préoccupées par l'environnement y trouveront, en plus d'un compte rendu scientifique, des discussions sur d'importants problèmes débattus par la presse quotidienne. Ce livre intéressera, en particulier, les étudiants universitaires du premier cycle en biologie, en chimie et en physique et suggèrera sûrement des champs possibles de recherches et de spécialisation dans l'analyse des nombreux aspects de la population et de la pollution terrestre.

Léopold GAUDREAU

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

DIRECTIVES AUX AUTEURS

ORIENTATION DE LA REVUE

On peut soumettre au Naturaliste canadien des *articles inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche dans le domaine de l'écologie fondamentale et appliquée, de la taxonomie, de la morphologie ou des sciences de la terre. Tout manuscrit sera jugé en fonction de l'originalité des résultats et de l'interprétation. Les revues thématiques ne seront acceptées que si elles donnent lieu à d'importantes généralisations scientifiques. Des *articles courts* (maximum de quatre pages dans la revue) peuvent être acceptés comme "Communications brèves" s'ils découlent d'une recherche de qualité.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les manuscrits, dactylographiés à double interligne sur le recto de feuilles de 21.5 X 28 cm, seront expédiés en trois exemplaires au Secrétaire de la rédaction.

Les éléments du manuscrit sont les suivants : (1) le titre ; (2) le nom de l'auteur ; (3) le nom et l'adresse de l'institution à laquelle appartient l'auteur ; (4) un titre courant d'un maximum de 60 lettres et espaces (sur une page séparée) ; (5) les résumés français et anglais (maximum de 300 mots) ; (6) le texte ; (7) sur des feuilles séparées, les tableaux (numérotés en chiffres romains), les légendes des figures (numérotées en chiffres arabes) et les références bibliographiques.

TEXTE

La Direction de la revue recommande le plan suivant : introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusion, remerciements et références bibliographiques.

On tiendra compte des remarques suivantes : (1) les caractères soulignés d'un trait simple sont composés en italiques ; (2) les notes inframarginales devront être réduites à un strict minimum et numérotées consécutivement ; (3) pour les unités de mesure, on utilisera de préférence le système métrique, (4) on évitera les appendices, et d'ailleurs la Direction de la revue ne s'engage pas à en publier plus d'une page.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elles seront indiquées dans le texte par le nom de l'auteur et l'année de publication. Dans la liste, à la fin du manuscrit, elles seront citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, en s'inspirant des exemples suivants :

LEGENDRE, L., 1971. Production primaire dans la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). *Naturaliste can.*, 98 (5) : 743-773.

MACARTHUR, R. H. and J. H. CONNELL, 1966. The biology of populations. John Wiley & Sons, New York, 200 p.

PARKER, P. L. and J. A. CALDER, 1970. Stable carbon isotope ratio variations in biological systems, p. 107-127. *In :* D. H. Hood (ed.), Symposium on organic matter in natural waters. University of Alaska, 625 p.

Les titres des périodiques devront être abrégés suivant la "World List of Scientific Periodicals" (édition de 1963).

ILLUSTRATIONS

La Direction de la revue limite ses frais de clichage à deux clichés par manuscrit ; tous les clichés additionnels seront à la charge de l'auteur.

Les photographies devront être tirées sur papier glacé et fortement contrastées. On regroupera, autant que possible, les photographies sur une même planche, en les collant sur un carton rigide, sans oublier de les numéroter proprement et lisiblement au coin droit. Trois séries de photographies sont requises.

Les dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc. Le lettrage devra être fait à l'aide d'un appareil à dessin. Il doit être suffisamment grand pour avoir, après la réduction finale, au moins 1.5 mm de hauteur. En plus de l'original, on est prié de fournir deux copies de chacun des graphiques.

Dans le cas des dessins et des photographies, bien tenir compte de leur réduction à un format ne dépassant pas 12.5 x 20 cm, légende comprise.

On présentera la liste des légendes sur une page séparée. On indiquera cependant à l'endos des photographies et des dessins le nom de l'auteur et le numéro de figure.

ÉPREUVES ET TIRAGES-À-PART

Les auteurs recevront une série d'épreuves, en même temps qu'un bon de commande pour les tirages-à-part. L'un et l'autre devront être retournés dans les plus brefs délais.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

EDITORIAL POLICY

Original papers in French or in English based on research in basic and applied ecology, taxonomy, morphology and earth sciences will be considered for publication in this journal. The papers will be judged on the basis of their contribution of original data and ideas or interpretation. *Review articles* will not be accepted unless they lead to new and important généralizations. *Short articles* (no more than four pages in the journal) may be accepted as "Communications brèves". They should be distinguished from papers on the basis of scope rather than quality of the research.

GENERAL PRACTICES

Manuscripts should be typewritten in double spacing throughout on one side of bond paper 21.5 x 28 cm, and submitted in triplicate to the Secretary of the Editorial Board.

The sequence of material in the manuscript as submitted should be : (1) title ; (2) author's name ; (3) author's affiliation and address ; (4) a condensed running head of no more than 60 letters and spaces (on a separate page) ; (5) French and English abstracts limited to 300 words ; (6) the manuscript proper ; (7) on separate pages references, tables (numbered consecutively in Roman numerals) and figure legends (numbered consecutively in Arabic numerals).

MANUSCRIPT DETAILS

The arrangement of the contents should generally be as follows : Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, and References.

In preparing copy please take account of the following remarks : (1) underscore only where italics are intended ; (2) footnotes are to be avoided and wherever impossible they should be consecutively numbered ; (3) either metric or English units may be used ; however use of the former is recommended ; (4) appendixes should be avoided and will not be usually accepted if exceeding one page.

REFERENCES

Literature references in the text should be by author, followed by year of publication. All papers referred to in the manuscript should be listed alphabetically by first author, according to the following examples :

LEGENDRE, L., 1971. Production primaire dans la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). *Naturaliste can.*, 98 (5) : 743-773.

MACARTHUR, R. H. and J. H. CONNELL, 1966. The biology of populations. John Wiley & Sons, New York, 200 p.

PARKER, P. L. and J. A. CALDER, 1970. Stable carbon isotope ratio variations in biological systems, p. 107-127. *In :* D. H. Hood (ed.), Symposium or organic matter in natural waters. University of Alaska, 625 p.

Abbreviations for periodicals should follow the "World List of Scientific Periodicals" (1963 edition).

ILLUSTRATIONS

The first two figures of a manuscript will be free of charge. Additional figures will be charged to the author.

Prints of photographs should be made on glossy paper with a wide range in tone. They should be cropped, mounted with rubber cement on white card-board, and clearly numbered at the right corner of each photograph. Three complete sets of photographs must be included.

Drawings are made with black india ink on white drawing paper and all lettering should be made with a lettering system. All lettering must be sufficiently large to be at least 1.5 mm on final reproduction. One original and two clean copies of each drawing should be submitted.

Drawings and photographs must be made to a scale allowing reduction to an area not exceeding 12.5 x 20 cm, inclusive of captions.

Captions for illustrations should be typed in paragraph form on a separate page. Moreover each illustration should be clearly labelled on back, giving the name of the author and the figure number.

PROOFS AND REPRINTS

Galley proofs will be sent to the author together with an order blank for reprints. The corrected proof with the order for reprints should be returned immediately.

ÉNUMÉRATION DES PLANTES DU CANADA

par Bernard BOIVIN

Herbier Louis-Marie, Université Laval

et

Ministère de l'Agriculture, Ottawa

« Provancheria », N° 6

Extrait de la revue *Le naturaliste canadien,* Volumes 93 et 94.

Liste des espèces, variétés, formes et hybrides de plantes vasculaires reconnues comme spontanées au Canada. Une bibliographie pertinente précède chaque genre. L'auteur présente la distribution géographique de chacun des taxons au nord des États-Unis, dans une perspective critique. Les botanistes y trouveront une mine de renseignements de première valeur.

An enumeration of the species, varieties, forms and hybrids known as spontaneous in Canada. Nearly all genera are preceded by an essential bibliography of recent monographs and other main papers relevant to each genus in Canada. Each taxon is followed by an abbreviated summary of its distribution north of the U.S.A. A distinction has been made between verified and unverified distributions and, in the latter case, whether or not justifying collections have been located yet.

7 x 10, 460 p., broché, $ 9.00.

En vente

aux

PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL
C. P. 2447, Québec 2, Canada

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 100 | Janvier-Février 1973 | Numéro 1

SOMMAIRE

LEDUC, Gérard, Yvan GRAVEL, Louis-Roch SÉGUIN, Bernard VINCENT and François GUIBERT. The use of sodium cyanide as a fish eradicant in some Québec lakes 1-10

ROUSSEL, Jean-Pierre. Induction de la différence phasaire du rythme cardiaque chez *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F. 11-18

LEMAY, J.P. et G. W. CORRIVAULT. Variations saisonnières de l'activité sexuelle chez le bélier 19-24

GIPOULOUX, J.-D. et F. LANDSMAN. Étude de la segmentation du mésoderme somitique chez le crapaud commun (*Bufo bufo* L.) et la grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.) (Amphibiens anoures) 25-32

LANQUETIN, Paule. Interfertilités et polarités chez les *Scytinostroma* sans boucles (Basidiomycètes *Lachnocladiaceae*) 33-49

BLAKE, Weston Jr. Former occurrence of *Mytilus edulis* L. on Coburg Island, Arctic Archipelago 51-58

VINCENT, Jean-Serge. A palynological study for the Little Clay Belt, Northwestern Québec 59-69

COMMUNICATION BRÈVE

RAYMOND, Marcel. La plus ancienne récolte québécoise de *Carex Heleonastes* 71-72

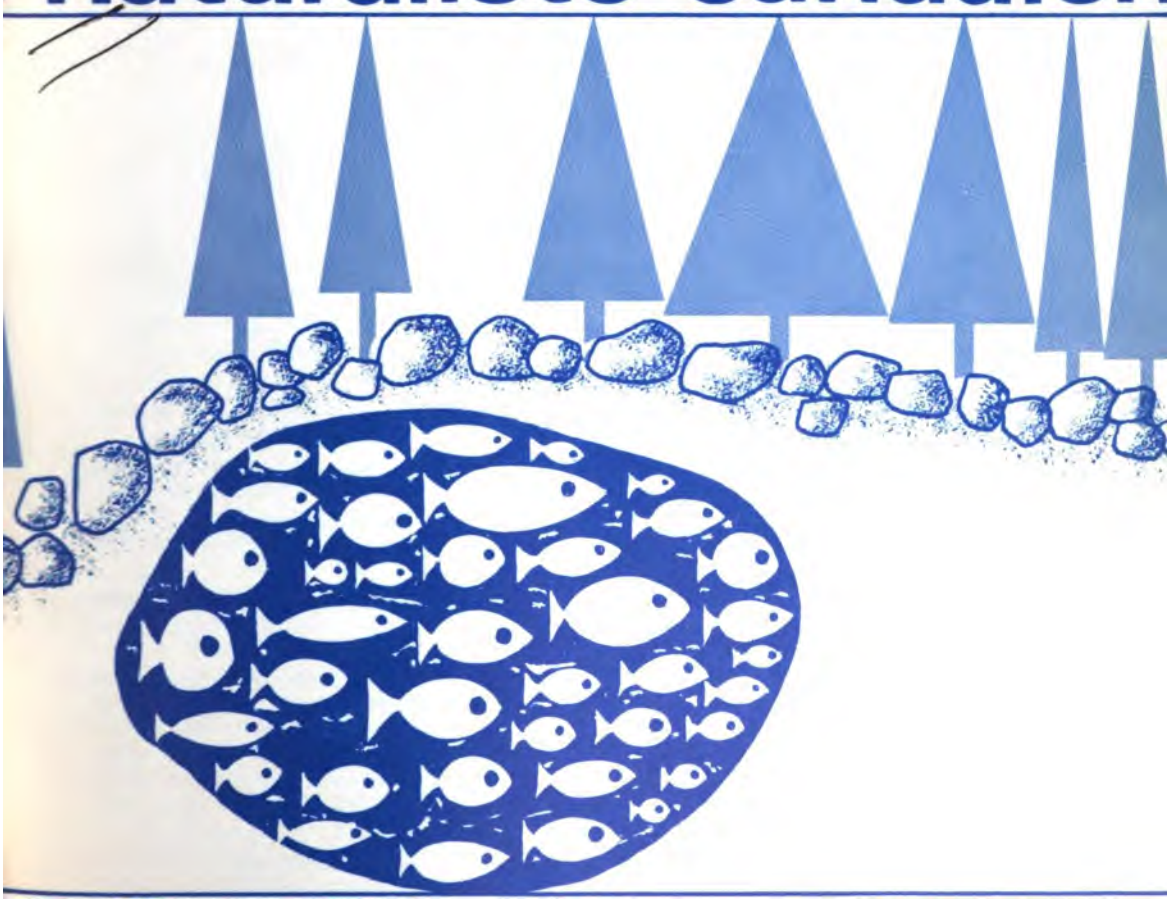
REVUE DES LIVRES 73-82

Volume 100,
numéro 2,
mars - avril 1973

Q-76

UNIVERSITY OF MICHIGAN
1 3 1973
PERIODICAL READING ROOM

naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

DIRECTEUR
G.-WILFRID CORRIVAULT

DIRECTEUR-ADJOINT
MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE
GUY LACROIX

SECRÉTAIRE-ADJOINT
PIERRE MORISSET

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*
RENÉ BÉIQUE, *Direction générale de la conservation, Ministère des terres et forêts, Québec*
JULIEN BERGERON, *Ministère de l'industrie et du commerce, Québec*
BERNARD BERNIER, *Université Laval*
PAUL BERTHET, *Faculté des sciences de Lyon*
LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*
PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*
MICHEL DELSOL, *Faculté catholique de Lyon*
LLOYD M. DICKIE, *Institut océanographique de Bedford*
ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*
PAUL GERVAIS, *Université Laval*
ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire naturelle de Paris*
WILLIAM S. HOAR, *Université de la Colombie-Britannique*
ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*
VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*
GASTON MOISAN, *Service de la faune du Québec*
A. C. NEISH, *Conseil national des recherches du Canada, Halifax*
W. E. RICKER, *Office des recherches sur les pêcheries du Canada*
D. M. ROSS, *Université d'Alberta*
HENRI TINTANT, *Faculté des sciences de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec, G1K 7R4 Québec

Abonnement annuel

au Canada : $ 10.00 — à l'étranger : $ 11.00 — le numéro $ 2.00

Publication bimestrielle de l'Université Laval, le NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs, et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétariat de la rédaction**, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Laval, Québec, G1K 7P4, Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Conseil national de recherches du Canada.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec — Premier trimestre 1973.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 100 Mars-Avril 1973 Numéro 2

A SEASONAL QUANTITATIVE STUDY OF THE PLANKTON OF BAULINE LONG POND, A NEWFOUNDLAND LAKE [1]

Charles C. DAVIS

Department of Biology and Marine Sciences Research Laboratory,
Memorial University of Newfoundland
St. John's, Newfoundland

Résumé

Selon une étude quantitative du plancton faite au lac terre-neuvien Bauline Long Pond de février 1971 à mai 1972, les principales espèces du phytoplancton sont généralement des Chrysophytes (*Asterionella formosa, Dinobryon bavaricum, D. sertularia, D. divergens* et *Uroglenopsis americana*), mais une Cyanophyte (*Anabaena flos-aquae*) est dominante de la mi-juillet à la mi-septembre. Les espèces dominantes du zooplancton sont *Diaptomus minutus, Cyclops scutifer, Daphnia catawba, Holopedium gibberum* et *Conochilus unicornis.*

Une comparaison entre les fluctuations saisonnières du plancton du Bauline Long Pond, et celles du Clarks Pond (pour le phytoplancton) et du Hogans Pond (pour le phytoplancton et le zooplancton) — seuls autres lacs terre-neuviens où le plancton fit l'objet d'études quantitatives —, montre la plus grande pauvreté en phytoplancton du Bauline Long Pond et montre également que le zooplancton hivernal y est moins abondant que dans le Hogans Pond. Le Bauline Long Pond est un lac chthoniooligotrophe.

Abstract

A quantitative study was made of the plankton of Bauline Long Pond, Newfoundland from February 1971 to May 1972. Most of the dominant phytoplankters were chrysophytes : *Asterionella formosa, Dinobryon bavaricum, D. sertularia, D. divergens* and *Uroglenopsis americana,* but the blue-green alga *Anabaena flos-aquae* dominated for a time in summer. Dominant zooplankters included *Diaptomus minutus, Cyclops scutifer, Daphnia catawba, Holopedium gibberum* and *Conochilus unicornis.* A comparison is made with the seasonal history of the phytoplankton in Clarks Pond and of both the phytoplankton and the zooplankton in Hogans Pond, the only other Newfoundland lakes that have been studied quantitatively for extended periods. Phytoplankton quantities in Bauline Long Pond were decidedly lower than in the other two lakes, and the winter zooplankton was impoverished compared to Hogans Pond. Bauline Long Pond is to be clasified as chthoniooligotrophic.

[1] Marine Sciences Research Laboratory Contribution number 127.

Introduction

Most of the large number of lakes on the island of Newfoundland lie over hard Pre-Cambrian rocks and hence are poor in mineral content, including calcium. Many are surrounded by more or less extensive areas of sphagnum bogs, and their water is distinctly colored. All are affected by a humid boreal insular climate, strongly influenced by the cold Labrador Current, so that summers are cool and winters are relatively mild, but long. The combination of substratum, nature of the drainage areas and climate makes the Newfoundland lakes nearly unique, for regions such as Kamchatka (Krokhin and Krogius, 1937 ; Kurenkov, 1967) with somewhat similar climatic features have entirely different soils and rocks, while the Finnish lake areas (Ryhänen, 1962), the Karelian lake region (Trubin, 1964) Parc des Laurentides in Québec (Bernard and Lagueux, 1972), and the Experimental Lakes Area in western Ontario (Cleugh and Hauser, 1971 ; Brunskill and Schindler, 1971) have continental climates, and bedrock and soil differences as well in most cases. Even the nearby lakes of Nova Scotia on the adjacent mainland of Canada (Smith, 1961) mostly lie on softer, more soluble rocks, the climate is distinctly more continental, and the influence of the Labrador Current is greatly reduced.

Despite their apparent uniqueness, the lakes of Newfoundland have very seldom been studied. There are no publications that deal with them comprehensively, and very few that cover even limited aspects of their limnology, although there are a number of unpublished reports in government files, dealing usually with fisheries problems or with water supply or hydroelectric developments. To the author's knowledge, only 9 published papers have appeared that describe the fresh water plankton of Newfoundland (Davis, 1969, 1972a, 1972b ; Deevey and Deevey, 1971 ; DeGuerne and Richard, 1889 ; Frost, 1940 ; Megyeri, 1969 ; Palmer, 1965 ; and Woodhead and Tweed, 1960). In addition there are mimeographed reports by Palmer (1955) and Dadswell (1970). All of the published papers except Davis (1972a, 1972b) and Palmer (1965) are merely limited lists of plankters encountered in single plankton tows or in limited sampling from more than one lake, or else they are taxonomic descriptions of species.

Palmer (1965) undertook a quantitative study of the phytoplankton of Clarks Pond, at Argentia on the Avalon Peninsula, but although the study was continued for 4 years, the brief report was limited in the amount of quantitative data that could be included. The present author (Davis, 1972a, 1972b) studied the seasonal distribution of both the phytoplankton and the zooplankton of Hogans Pond, a Newfoundland lake near St. John's, for a period of 17 months, and was able to report the results in much greater detail.

Because the shores of previously studied Hogans Pond were occupied by 25 residences, of which 8-9 were inhabited the year around by permanent inhabitants and most of the rest by regular summer visitors, it was thought desirable to make a similar study of a less disturbed lake for comparison. Bauline Long Pond (locally known as Duck Pond) was chosen for its ready accessibility at all times of the year. This lake is located on the Avalon Peninsula, 20 km northwest of St. John's and 2.6 km from the fishing village of Bauline. It is shown on Canadian National Topographic Map 1 N/10 W, grid reference : easting 64.0, northing 34.0. There are only 4 human habitations on the lake, with one addi-

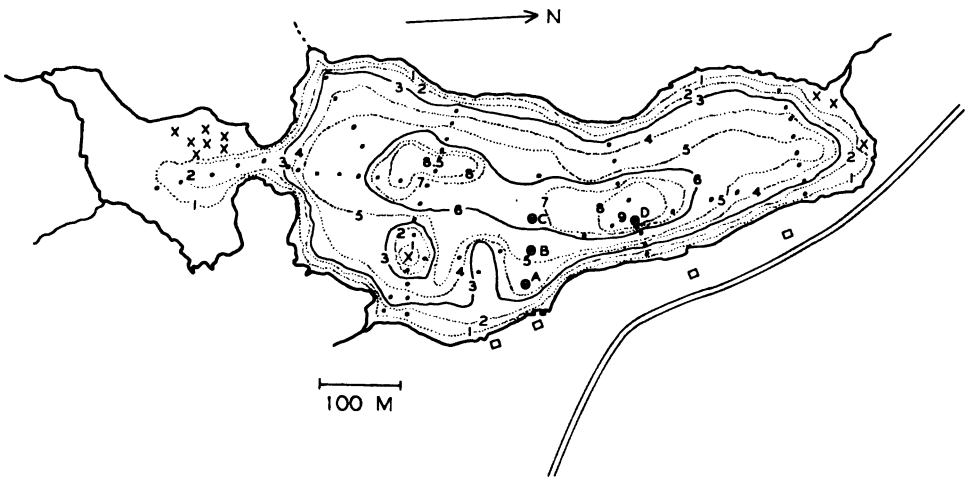


Figure 1. Map of Bauline Long Pond showing depth contours in meters. Dots indicate the positions where soundings were made. Emergent rocks are shown by X. Encircled dots indicate the sampling positions : A = station occupied in February and March, 1971 ; B = station occupied in April and May, 1971 ; C = station occupied from June to September, 1971 ; D = station occupied from October, 1971 to May, 1972. The four summer residences are shown by rectangles.

tional in its drainage area, and all of these are small shacks, for the most part occupied only on a few summer weekends. The highway from Torbay to Bauline passes within a few meters of the northern end of the lake, and during the summer nearby residents occasionally wash their cars there. Only once, however, was there any visible contamination from this, and the location is near enough to the outlet that it is improbable the main portion of the lake would be affected by any oil or detergent pollution. Likewise in winter any salt pollution from the highway would be negligible.

Bauline Long Pond (Fig. 1) is a relatively shallow lake (maximum depth 9 m) with an area of 19.7 ha. It lies at an altitude of 166 m, and is elongate in a north-south direction, the long axis being 970 m and the greatest width 300 m. The volume of the water is estimated to be 721,360 m^3. There are two main areas, partly cut off from one another. The southern portion is relatively small (3.2 ha) and shallow. In the larger more northerly section of the lake there are two depressions greater than 8 m in depth, separated by water 6 m deep.

The entire shore is covered with boreal forest, the major trees being black spruce (*Picea mariana*) and balsam fir (*Abies balsamea*). To the west of the lake most of the drainage area is occupied by such a forest, but drainage from the east and south is mainly from regions of sphagnum bog that are considerably more extensive than the lake itself. The two main permanent inlets to the lake are small. They drain the eastern parts of the bog area. One of the inlets enters into the small southern basin of the lake, while the other pours its water into the southern end of the northern basin. A third small inlet (probably non-permanent in prolonged dry weather) drains bogs to the south, and a very small temporary inlet enters the southern part of the large basin from the western forested area. The outlet leaves the lake at the northwestern corner, and falls rapidly to Conception Bay at Bauline.

Methods

An attempt was made to visit the lake every two weeks, weather permitting, beginning February 20, 1971 and terminating on May 14, 1972. On the first two sampling dates the lake was ice-covered. A station was occupied at a spot described by a local summer cottage owner as the « deepest » place, but only 4 m of depth was found, and samples were taken only from 0 m and 2 m. Consistent high winds prevented an adequate sounding program for some time after the ice disappeared, but by early June sufficient depth had been located to allow consistent sampling at 0, 2 and 5 m. The station locations are depicted on Figure 1.

Quantitative samples of larger plankton organisms were obtained by use of a 10 liter Juday plankton trap in which the filtering net was constructed of No. 25 silk bolting cloth (55 μ openings) for the period between February and July, 1971. After July, until the end of the study the net was constructed of nylon bolting cloth with 30 μ mesh. Samples were preserved in 4% formaldehyde for subsequent analysis.

Quantitative nanoplankton samples were obtained by means of a brass Kemmerer water bottle, and the samples were preserved in I_2KI-HAc (Schwoerbel, 1966). In addition, a qualitative sample was obtained on each sampling date by towing an open net made of No. 20 bolting silk (later, of 55 μ nylon bolting cloth), or by passing it vertically up and down through a hole in the ice. On many occasions, qualitative tows were taken also from Hogans Pond for comparison.

In the laboratory, the trap samples were adjusted to a known volume, and analyzed by the examination of 1 ml aliquots in Sedgewick-Rafter cells, using a compound microscope at 100 × magnification. When certain species ' very abundant, counts were mad from 10 to 100 random fields of microscope. For less common forms entire cells were examined, then, v warranted, 10 ml aliquots were cou in Syracuse watch glasses, using a reozoom stereoscopic microscope gnifying up to 40 ×. Finally, the e sample was examined, and counts n of the less numerous larger forms.

The nanoplankton samples were lyzed as follows : after thorough shal 200 ml of the preserved lake water ' placed from each sample into grad cylinders and allowed to settle f minimum of 72 hours. The superna water then was slowly siphoned off the remainder of each sample was t ferred to vials and adjusted to 10 All containers were rinsed to mini loss of plankters. Counts were mad 0.1 ml aliquots placed beneath c slips of known dimensions on ordi microscope slides. Entire aliquots ' counted under 100 × magnifica when necessary checking with hi power for adequate identification. ' the smallest forms were counted u 400 × magnification, by examinin to 100 fields of the microscope.

Before quantitative analyses ' made of samples taken on any parti sampling date, the qualitative net sa was examined to ascertain the sp present.

In addition to the collection of p ton samples, field measurements ' made of the temperatures, using a brated YSI thermistor on a 15 m c Occasional measurements were mac pH, using an Instrumentation Labor Model 175 pH meter, and of light p tration using a standard Secchi disc March 12, 1972 after some indica of stagnation beneath the ice cov vertical series of samples was take

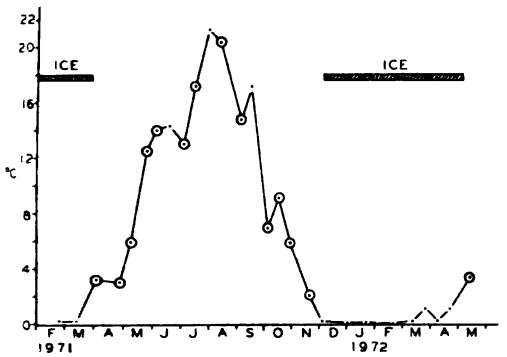


Figure 2. Surface temperatures during the period of study. The circles indicate times when the water column was homothermal, or nearly so. The period of ice cover is indicated.

measure dissolved oxygen. For this the unmodified Winkler method was used.

Results

TEMPERATURE

Surface temperatures are shown in Fig. 2. Minimum temperatures (i.e., approaching 0°C) occurred until late April in 1971 and from early December to early April, 1972. During early 1971 no temperature at any depth exceeded 4°C until mid-March. In the 1971-1972 winter season no temperatures exceeded 4°C from mid-November (homothermal at 2.2°C) until the end of the observations in mid-May. The highest temperature was reached in early August, 1971 when the surface was 21.3°C. On 11 out of the 17 occasions that measurements were made during the ice-free periods, the temperature was uniform from surface to bottom, and on three additional occasions it was virtually homothermal. The greatest temperature difference between the surface and the bottom mud was in early August, when the surface was 21.3°C and the mud was 16.7°C, a difference of 5.6°C. In mid August the water and bottom were homothermal at 20.6°C, and hence averaged higher than earlier.

Beneath the ice cover, both in 1971 and 1972 a temperature inversion occurred, but the bottom temperature always was substantially less than 4°C except in late April 1972, when it was 3.9°C.

In the 1970-1971 winter season, the water was completely ice-covered from at least December 21st to about April 1st (judging by the situation on Hogans Pond, where observations could be made daily), a period of approximately 100 days. In the 1971-1972 season the first freeze-up occurred on Dec. 4th and the ice cover remained intact until a little open water was observed on April 22nd. In 1972 ice still covered part of the lake on May 5th, but the water was completely ice-free on May 14th. Judging again by Hogans Pond, the ice probably completely disappeared about May 7th. If we consider the lake to have had a virtually complete ice cover until May 1st, the ice cover lasted for approximately 146 days. This compares with an ice cover on Hogans Pond in 1969-70 of only 54 days. The winter of 1971-1972 was one of the coldest and longest on record for the St. John's area.

In February and March, 1971 the ice cover was measured to be 35 cm in thickness at the sampling station. In 1972 the thickness reached 63 cm by March 12th, and it still was 42.5 cm at the sampling station in late April at a time when a small amount of open water had developed elsewhere.

LIGHT PENETRATION AND WATER CHEMISTRY

The water of Bauline Long Pond is distinctly brown at all times. Secchi disc readings were not made until September, 1971, and not consistently thereafter. Light extinction was caused more by the brown color of the water than by plankton and other suspended matter. The readings varied from 1.7 m in November

to 2.2 m in late October and early December (beyond the period of major study objects were visible at 3.0 m on August 30, 1972 ; compare this with the water color given in Table I for a sample collected on this date).

On two occasions chemical analyses were made of water samples by the Water Analysis Facility of the Department of Chemistry, Memorial University of Newfoundland. The results are shown in Table I.

pH

Due to malfunctioning of the probes, the pH meter functioned badly most of the time. When it performed reliably the pH was measured to lie between 6.3 and 6.8 (pH was measured also in the two general chemical analyses after return to the laboratory, as reported above in Table I).

OXYGEN

During most of the period of study, it was obvious that the entire water column was well oxygenated. During the ice-free periods the temperature records indicate a frequent overturn of the water column, and temperature stratification never was pronounced. Beneath the ice in the winter of 1970-1971 also there was no indication of oxygen depletion. The bottom sediments were sampled and consisted of brown gyttja, containing living benthic diatoms. In 1972, however, it was observed on February 19th that the bottom deposit was somewhat blackish, without,

TABLE I

Chemical analyses of water samples from Bauline Long Pond *

Parameter	*Units*	*June 13, 1972*	*Aug. 30, 1972*
alkalinity	mg/l $CaCO_3$	4.5	5.33
apparent color	Pt units	40	30
hardness	mg/l $CaCO_3$	8.37	10.072
Kjeldahl N	mg/l N	0.002	0.36
nitrate + nitrite	mg/l N	0.022	0.025
ammonia	mg/l	0.0	0.0
pH	units	6.64	6.52
total phosphorus	mg/l PO_4	0.054	0.008
specific conductance	μmho/cm	53.20	58.23
C.O.D.	mg/l	87.6	12.34
calcium	mg/l	1.045	2.250
iron	units	0.522	0.223
magnesium	mg/l	1.236	0.985
copper	mg/l	0.0	0.087

* All determinations by the Water Analysis Facility, Department of Chemistry, Memorial University of Newfoundland.

TABLE II

Results of dissolved oxygen measurements, samples collected March 12, 1972

Depth, m	mg O_2/l	ml O_2/l	% sat.	temp., °C	mg O_2/l at saturation
0	13.08	9.13	90.0	0.2	14.54
1	11.04	7.71	77.4	0.9	14.27
2	11.20	7.82	79.6	1.4	14.07
3	11.26	7.86	80.7	1.7	13.96
4	10.52	7.34	75.4	1.7	13.96
5	—	—	—	2.4	—
6	7.20	5.03	52.7	2.5	13.66

however, any smell of H_2S. Consequently on the next trip, taken on March 12th, a vertical series of water samples was analysed for dissolved oxygen. Results are shown in Table II. The bottom at this point was 7 m deep. The surface water was 90.0% saturated, while the water at 6 m was 52.7% saturated — a condition far from anaerobism. On March 25th, at the identical location, a sample of the bottom deposit was obtained. Although it was somewhat blackened, there was no smell of H_2S, and living flatworms were observed in it by my student, Mr. R. Daggett.

PHYTOPLANKTON

Cyanophyta. Except for *Anabaena flos-aquae,* the blue-green algae were not of great importance in the plankton. *A. flos-aquae* (Fig. 3) occurred between late May and the end of October, being observed on all collection dates in that period (on August 2nd, however, it was virtually absent). There were two peaks of abundance, one in July and the second from September to October. In mid-July, and again in mid-September, it became the dominant phytoplankter, while it was a co-dominant with *Asterionella* in early September and during the first part of October. The time elapsing between the 1st appearance of this species in late May and the first observation of sporulation was 41 days. Between August 2nd, when the species was nearly absent from the collections and the first observation of the second crop of spores

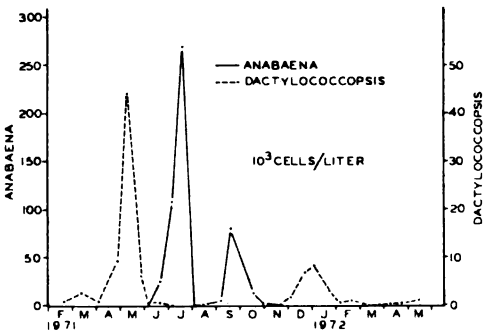


Figure 3. Seasonal distribution of *Anabaena flos-aquae* and *Dactylococcopsis* sp. Thousands of cells/liter.

on September 6, there were 49 days. Peaks of spore abundance were seen on July 18th and September 18th. Always there were large numbers of symbiotic *Vorticella* associated with this species.

Dactylococcopsis sp. (Fig. 3), because of its small size, never constituted a meaningful proportion of the total phytoplankton biomass, but occurrence was regular from February to early July in 1971 (peak abundance in early May), and from late November 1971 to the termination of the study in mid-May, 1972 (peak in late December and early January). *Chroococcus* sp. was seen only in small quantities, but it occurred regularly from mid-July to early December, the greatest numbers being found in August.

Other blue-green algae were encountered only rarely and in small amounts. *Microcystis aeruginosa* was seen only once, in contrast with its very great abundance in Hogans Pond (see below). *Merismopedia* sp., *Gloeocystis* sp. and *Oscillatoria* sp. also were found in minute numbers.

Chrysophyta – Bacillariophyceae. The only important diatoms were *Asterionella formosa, Cyclotella* spp. and unidentified tiny pennates.

There were two pulses of *Asterionella formosa,* one in mid-June to early July (Fig. 4) and one in October and November. This species was the dominant phytoplankter on October 30th, November 20th and December 4th. It shared dominance with *Uroglenopsis* in June, with *Anabaena* in most of October, and with species of *Dinobryon* in late December and January (at this time, however, the total biomass of the phytoplankton was very small). The greatest numbers of the species occurred in June, at which time there was an average of 49,000 cells/liter.

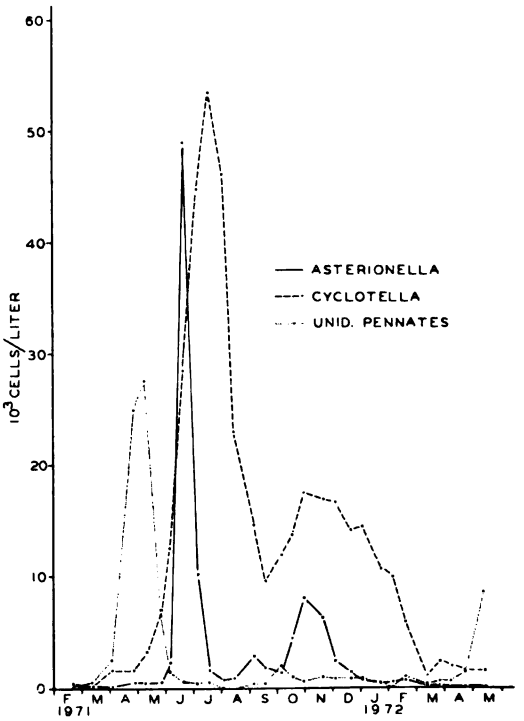


Figure 4. Seasonal distribution of *Asterionella formosa, Cyclotella* spp. and unidentified pennate diatoms. Thousands of cells/liter.

There likewise were two pulses for species of *Cyclotella* (Fig. 4). One developed simultaneously with the pulse of *Asterionella* in June, but it continued to a peak of 53,000 cells/liter in July. The second pulse corresponded in time rather closely with the second pulse of *Asterionella,* but the number of *Cyclotella* per liter was considerably greater. It should be noted that the species of *Cyclotella* that occurred were very small, and had to be counted in the nanoplankton samples. Therefore in biomass they were relatively of less importance than *Asterionella. Cyclotella* spp. never were dominant nor sub-dominant. On the other hand, it was observed that they were abundant at times in the intestinal contents of some of the cladocerans, whereas *Asterionella* never was seen, so that their ecological importance may very well not have been shown by their relative biomass.

In Bauline Long Pond, as in Hogans Pond (Davis, 1972*b*), a pulse of a very tiny species of unidentified pennate diatoms occurred each spring (Fig. 4). The maximum was about 27,500 cells/liter in early May, but this was not much greater than the 25,000/liter that was estimated for the samples during April.

Other diatoms were encountered in such small numbers and usually so sporadically that no unequivocal seasonal trends could be ascertained. The forms that were seen were *Gyrosigma* sp., *Navicula* spp., *Nitzschia acicularis*, *Surirella* sp., *Synedra* spp., *Tabellaria fenestrata*, and *T. flocculosa*.

Other Chrysophyta. Chrysophytes other than diatoms were very important members of the phytoplankton in all seasons, and frequently they were dominants or sub-dominants. Species of *Dinobryon* had the greatest significance (Fig. 5).

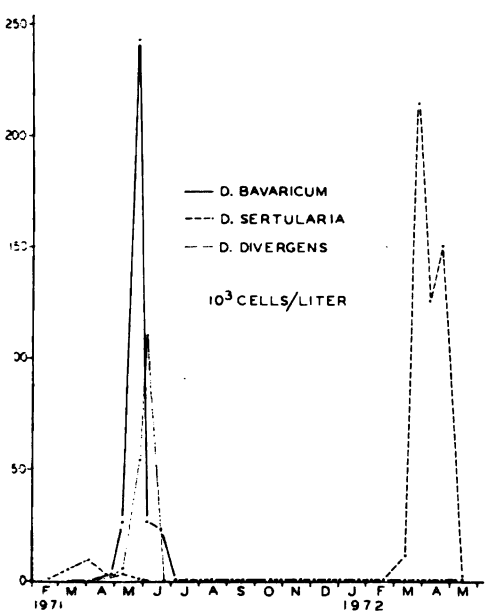


Figure 5. Seasonal distribution of *Dinobryon bavaricum*, *D. sertularia* and *D. divergens*. Thousands of cells/liter.

Dinobryon bavaricum was seen on all collecting dates except in mid-February, 1971. It developed massive numbers, however, only in May and June of 1971, being the dominant phytoplankter in May. In late May the species attained its maximum for the entire study period, with an average of 243,000 cells/liter (18,400 colonies/liter). This species did not develop a similar pulse in the spring of 1972.

D. divergens was present during most of the period of study, but no specimens were encountered in February and March, 1971, nor from mid-July through August, 1971. There was only one pulse, in late May and early June, at which time the maximum numbers attained were an average of 110,700 cells/liter (8,200 colonies/liter) in early June. On this date it was a subdominant in the phytoplankton community.

D. sertularia apparently was absent from early June through November. In both winters there was a pulse beneath the ice cover, that in 1972 being relatively massive. The maximum occurred on March 25th, when there were 215,000 cells/liter (9,650 colonies/liter). Large numbers continued throughout April, but towards the end of the month the colonies were breaking up (there were 151,000 cells/liter and 16,000 colonies/liter), and most colonies were forming statospores. In May very few remained, but an average of 15,650 free statospores per liter was estimated in the nanoplankton samples. In both spring seasons *D. sertularia* dominated the phytoplankton.

Uroglenopsis americana was the dominant phytoplankter in early July, and shared dominance with *Asterionella* in late June. It occurred mainly between late May and mid-July, attaining its maximum of 423 coenobia/liter on July 5th.

Mallomonas spp. were encountered on every sampling date except in February, 1971, but the numbers were meager and the size of the individuals was small, so that this genus was not of great importance. Greatest numbers were encountered on the sampling dates in June, when there were respectively 187 and 159/liter. A second pulse occurred in mid-September, with 93 individuals/liter.

The same small unidentified species of *Dinobryopsis* that was encountered in Hogans Pond (Davis, 1972*b*) in the spring was encountered both years in the same season in Bauline Long Pond, though in much smaller numbers.

Synura uvella was encountered almost entirely in the winter and spring months. The coenobia were small, often being one-celled. The maximum occurred in mid-May, 1972, when there was an average of 2400 cells/liter.

Pyrrophyta. Dinoflagellates were important in the plankton only during the winter and spring months, especially in the latter. No specimens of the genus *Ceratium* were observed.

Peridinium cinctum (Fig. 6) was the most regularly encountered dinoflagellate, and the only one whose numbers and size gave them prominence. The species occurred through May in 1971. Thereafter specimens were not seen again in meaningful numbers until the end of October. During the remainder of the study period, however, the species was constantly present, reaching its maximum numbers beneath the ice in late March, 1972. At that time there was an average of 365 individuals/liter.

Species of *Gymnodinium* occurred in inconspicuous numbers throughout the year, with no distinguishable seasonal trends.

Chlorophyta – Desmidiaceae. Desmids were only of minor significance in the phytoplankton. Most forms were encountered only occasionally (e.g., *Pleurotaenium* sp., *Micrasterias* sp.), and undoubtedly were tychopelagic. Very small individuals of the genus *Arthrodesmus* were counted in the nanoplankton collections. They were seen on every collection date but were much more abundant from early May to mid-July 1971 than at other times in the study period (Fig. 7). During June they attained a maximum in the vicinity of 4000 cells/liter. *Staurastrum* spp. (Fig. 7) occurred

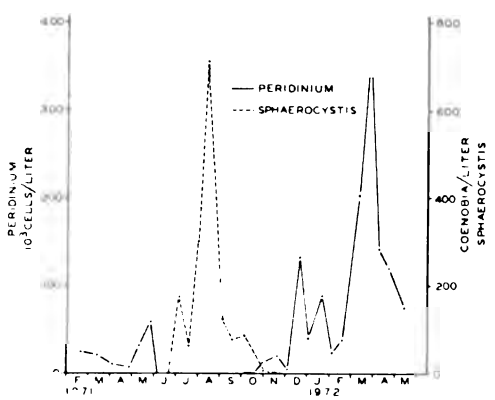


Figure 6. Seasonal distribution of *Peridinium cinctum* and *Sphaerocystis schroederi*. *Peridinium* numbers are shown as thousands of cells/liter, and *Sphaerocystis* as coenobia/liter.

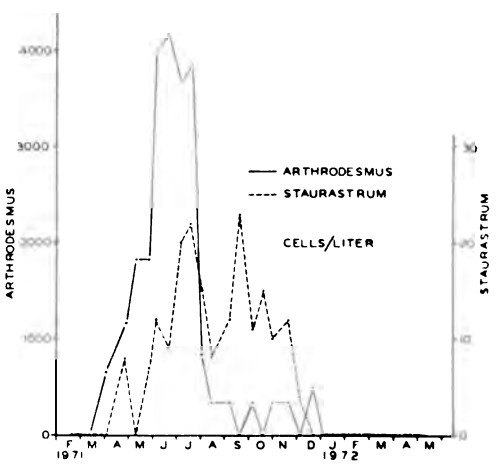


Figure 7. Seasonal distribution of *Arthrodesmus* sp. and *Staurastrum* sp. Cells/liter.

regularly in small numbers from March through December, 1971, but they were not seen at all from January to May, 1972. The largest numbers occurred in July with an average of 21 cells/liter for the two sampling dates, and in mid-September when the average was 23 cells/liter.

Other Chlorophyta. With the partial exception of *Sphaerocystis schroederi* the green algae were never common in the plankton. There was a pulse of *Sphaerocystis* from July through mid-October (Fig. 6), the greatest numbers appearing in mid-August when there was an average of 713 coenobia/liter. The species was not observed in other months.

Three additional green algae occurred regularly during the summer months, but in very small numbers. These were *Oöcystis* sp., *Quadrigula* sp. and *Schroederia* sp. *Eudorina sp.* was seen fairly regularly, but in unimportant numbers from August, 1971, to mid-March, 1972. *Pediastrum boryanum* was seen in the Bauline Long Pond samples only twice as single individuals, in August and September.

Euglenophyta. Because of some uncertainties during counting, most of the euglenoids were included in a catch-all category « flagellates ». An unidentified species of *Trachelomonas*, however, was found consistently from mid-September through December in rather small numbers (Fig. 8). The greatest development came in September, with an average of 5,200 cells/liter.

Phytoflagellates. Aside from the pyrrophytes and of one species of *Trachelomonas*, the conditions of counting and the available time made it impossible to consistently and reliably separate the various flagellated protists from one another. Therefore, they were lumped together in a « flagellate » category. The

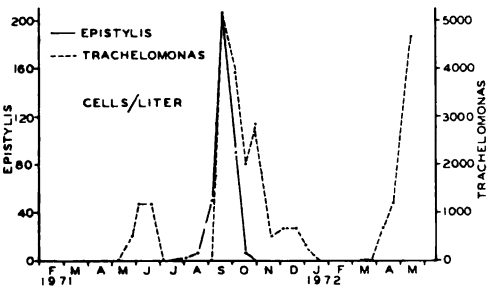


Figure 8. Seasonal distribution of *Epistylis rotans* and *Trachelomonas* sp. Cells/liter.

bulk of these were phytoflagellates, but undoubtedly some were zooflagellates as well. For this reason the category has reduced significance. Certain seasonal trends, however, were clear (Fig. 9).

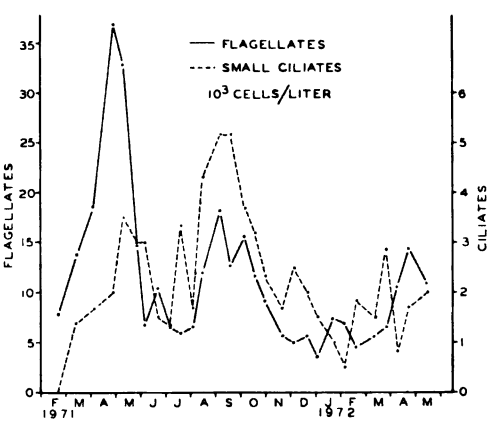


Figure 9. Seasonal distribution of flagellates and of small ciliates. Thousands of cells/liter.

There was a pulse in each of the two spring seasons, and a third pulse from August through October. The average number for the entire study was 11,200 cells per liter, with the greatest numbers occurring in late April, 1971, when there was an average of 36,800 cells/liter. All of the species were tiny, being counted only in the nanoplankton samples.

Vertical distribution of the phytoplankton : During the icefree periods, with

the exception of *Anabaena flos-aquae* none of the phytoplankters consistently varied in numbers at the three depths that were sampled. Undoubtedly this was due to the frequent mixing of the water caused by the characteristic frequent high winds. *Anabaena flos-aquae*, however, is well known to be lighter than water. In Bauline Long Pond there was not usually much difference in numbers of this species between the surface and 2 m, but at 5 m there were distinctly fewer on all collection dates that the species occurred except at the very end of its existence. At this time the large tangled masses of the trichomes were breaking up, and it is conceivable that they were more or less moribund.

During the period of the ice cover, however, there was no wind circulation and as described above there was a temperature stratification. Furthermore, the light penetration naturally was greatly reduced by the thick covering of ice and snow. The diatoms, with their heavy silicious cell walls had a tendency to sink in the still water. *Cyclotella* spp. always were present in smaller numbers at the surface than deeper in the water, and usually they were more abundant at 5 m than at 2 m. Similarly, *Asterionella formosa* nearly always occurred less abundantly at the surface, and always there were more at 5 m than at 2 m. *Dinobryon sertularia*, which formed a major pulse beneath the ice in 1972, began its development in December with greater numbers at the surface than at 2 m, but later almost always there were fewer cells/liter at the surface. Without exception *D. sertularia* was less common at 5 m than above. On March 12th a complete series of trap samples was taken at meter intervals from the surface through to 6 m. As shown in Table III there was a steady decrease in numbers from 52,360 cells/liter at the surface to 1071/liter at 6 m. This species, of course, is motile, and can move into the layer that is most suitable to it. Evidently the 2 m layer was a compromise later in the season between the colder, more highly illuminated water at the surface and the warmer, poorly lighted water at 5 m. A second motile phytoplankter occurring in adequate numbers beneath the ice to allow interpretation was *Peridinium cinctum*. Its vertical distribution was very similar to that of *Dinobryon sertularia* (except that in mid-February the stratification was inverted). The distribution with depth of *P. cinctum* on March 12th is shown in Table III where it can be seen that this species was somewhat more abundant at a depth of 1 m than at the surface, but otherwise there was a steady decrease with depth.

TABLE III

Vertical distribution beneath the ice on March 12, 1972 of the phytoplankters *Dinobryon sertularia* and *Peridinium cinctum*. Values are cells/liter.

Depth, m	*D. sertularia*	*P. cinctum*
0	52,360	238
1	20,126	444
2	17,836	316
3	9,018	132
4	4,866	60
5	1,220	56
6	1,071	46

ZOOPLANKTON

Protozoa. As mentioned above, the zooflagellates were included with phytoflagellates in the counts. Small unidentified ciliates nearly always were present

(Fig. 9). They also could not readily be identified under the conditions of counting. Greatest numbers occurred from August to October, the maximum in September being 5,200/liter.

Species of *Vorticella* occurred in symbiotic relationship with *Anabaena flos-aquae* and *Conochilus unicornis*, especially the former. The maximum of 1430 cells/liter coincided with the maximum for *Anabaena* in early July.

Epistylis rotans appeared in small numbers in early August, increasing to a peak in mid-September, then dropping off to nothing except dead stalks by the end of October. This unusual plankter is being discussed in greater detail, with additional records, by Davis (1973). At the height of its development there was an average of 205 cells/liter (21 colonies/liter).

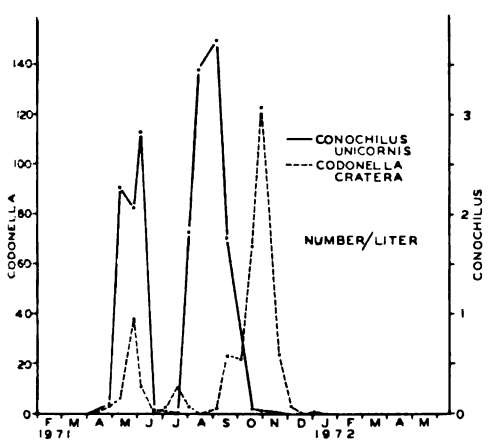


Figure 10. Seasonal distribution of *Conochilus unicornis* and *Codonella cratera*. For *Conochilus*, colonies/liter are shown, and for *Codonella*, cells/liter.

Codonella cratera (Fig. 10) was seen only between April and early January. There was a small peak of abundance (an average of 36/liter) in late May, and a second pulse of greater magnitude, up to an average of 122/liter in late October.

Actinosphaerium sp. occurred only in small numbers, mostly in May and June.

Rotifera. The only rotifer that formed a large biomass in the plankton was the bulky colonial *Conochilus unicornis*. This species was a co-dominant along with *Daphnia catawba* and *Diaptomus minutus* in early September, and it was a subdominant in mid-September and early June. Both the number of colonies and the number of individual rotifers per colony fluctuated, both being smaller at the beginning and the end of the period of occurrence. There were two peaks of abundance, one in May-June and a second in August and September (maximum 3,730/m^3). No specimens were seen before the end of April in 1971, nor after early January in 1972. The colonies never were observed to consist of more than about 50 individuals.

The most abundant species of the solitary rotifers were *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis* and *Polyarthra vulgaris*. All three were more abundant in the spring and early summer of 1971 than at other times (Fig. 11), and there was a gradual decrease in numbers throughout the summer and fall, with a winter low. *Kellicottia longispina* and *Polyarthra vulgaris* failed to show an increase comparable with that of 1971 during the spring of 1972, but at the end of the investigation *Keratella cochlearis* apparently was beginning its vernal pulse. In addition, in 1971 *Kellicottia* and *Keratella* exhibited a winter pulse under the ice in March. The highest numbers attained for the three common species were an average of 66/liter for *Kellicottia* in late June, 127/liter for *Keratella* in early June, and 38/liter for *Polyarthra* in late May.

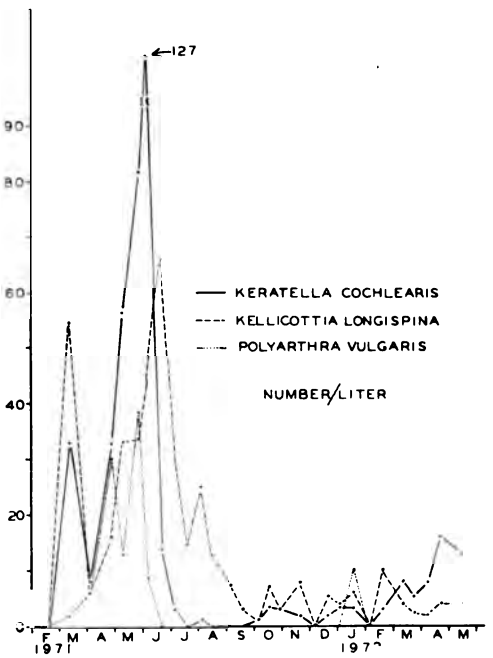


Figure 11. Seasonal distribution of *Keratella cochlearis, Kellicottia longispina* and *Polyarthra vulgaris.* Individuals/liter.

Other solitary rotifer species were seen. *Conochiloides* sp. was found regularly from August through October, as well as on single collection dates in each of the two springs. *Kellicottia bostoniensis* was seen on most collection dates, but apparently it was absent between mid-June and late August. *Keratella quadrata* occurred regularly in both vernal periods, and occasionally during the winter. *K. serrulata* was encountered in all collections from February to May, 1972, but was not seen at any other time. *K. taurocephala* appeared to show no seasonal preferences, occurring in small numbers all during the study. *Monostyla* sp. *Notholca* sp., *Polyarthra* sp., and *Trichocerca* sp. all appeared only once or a few times, in token numbers.

Cladocera. Only three species of cladocerans were found regularly and in appreciable numbers, namely *Bosmina longispina, Daphnia catawba* and *Holopedium gibberum.* Because of the small size of the first of these, its importance in the zooplankton was reduced, but the other two were dominant zooplankters from time to time.

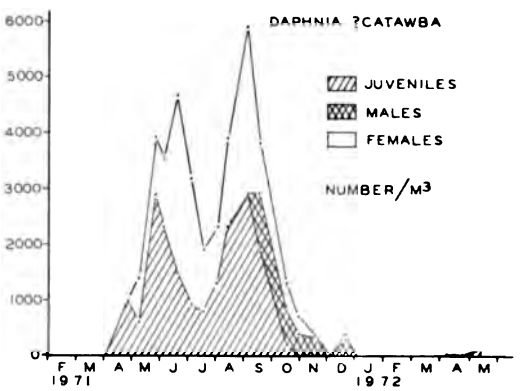


Figure 12. Seasonal distribution of *Daphnia catawba* females, males and juveniles. Individuals/m³.

Bosmina longispina occurred in greatest numbers between late June and early September, but at least a few specimens were encountered in all months. Peak abundance was in mid-August when there was an average of 3,600/m³.

Daphnia catawba was the most abundant cladoceran (Fig. 12). There were two pulses of adults, one in late June with a maximum of 3,200 adults/m³ and one in early September when there were 3,000 adults/m³. A similar seasonal distribution was shown for Lake Bédard, Québec, by Bernard and Lagueux (1972). In both peak periods this species attained co-dominant status with other species. Both adults and juveniles notably decreased in July. Males appeared in late September. During October and through December there was a greater number of males than of females, though in October the female biomass was greater, considering the size differ-

ence between the sexes. Ephippial females were most common during the latter half of October, but occasional specimens were encountered until late January. Adults were not seen until late April in 1971 and until mid-May in 1972. The first vernal juveniles were encountered in both years in early April. In April 1971 the water was completely ice-free with a temperature of 3.2°C, while in 1972 the ice cover was still about 45 cm thick and the water temperature lay between 0.2° at the surface and 1.9° at 5 m.

The seasonal occurrence of *Holopedium gibberum* (Fig. 13) was very similar to that of *Daphnia*, but in both vernal seasons the first juveniles appeared about two weeks later, at the end of April. The first males also appeared later (i.e., they were first seen in mid-October). There was only a single peak of abundance in late June, at which time there was an average of 2,100 adults/m³. It was the dominant zooplankton species in late June and early July. A very few specimens were encountered as late as January.

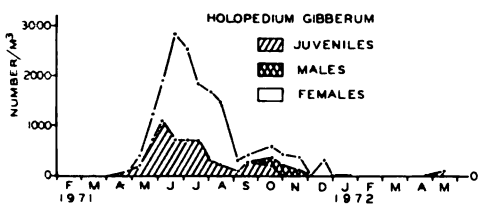


Figure 13. Seasonal distribution of *Holopedium gibberum* females, males and juveniles. Individuals/m³.

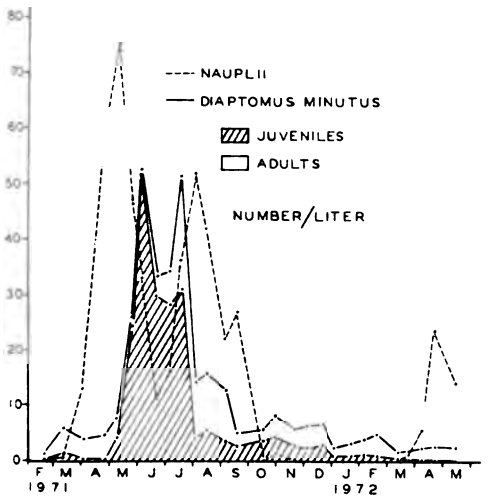


Figure 14. Seasonal distribution of copepod nauplii and of *Diaptomus minutus* adults and juveniles. Individuals/liter.

Copepoda. Just as in Hogans Pond (Davis, 1972*b*), there were two pulses of copepod nauplii per year, one in the summer and one in the early spring (Fig. 14). The numbers fell virtually to zero in the winter and to small numbers (11/liter, or 11,000/m³) in June. The maximum occurrence was in late April and May, with a maximum of 75/liter (75,000/m³) on May 9th. The summer maximum was from mid-July through August, with a peak of 52/liter (52,000/m³) on August 2nd.

It was not feasible under the conditions of counting to distinguish in all cases between the nauplii of the 3 genera of pelagic copepods that occurred in the lake. Hence they are reported as a single category. It is thought, however, that the vast bulk of the nauplii were of *Diaptomus minutus*, not only because this species was the most abundant copepod as adults, but also because of the time relationship shown between nauplii and *Diaptomus* in Fig. 14. In contrast to the situation of Hogans Pond (Davis, 1972*b*), only a single generation of copepodid stages and of adults per year is indicated clearly in the results for *D. minutus*. Fig. 14 shows a juvenile copepodid generation of *D. minutus* following the spring nauplius generation, with a peak in early June. Subsequently there was a peak of adults, developing to a maximum of 20,400/m³ in mid-July.

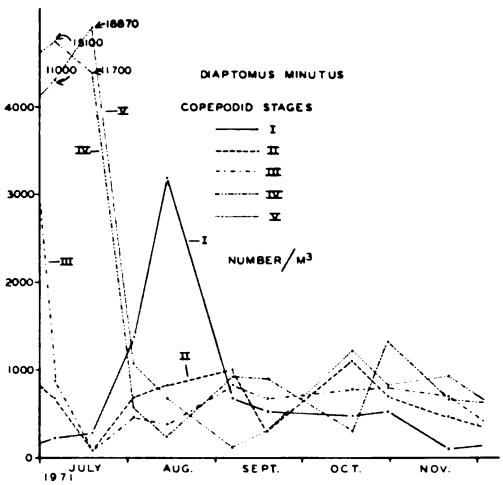


Figure 15. Distribution of *Diaptomus minutus*, copepodid stages I to V, during the period July through November, 1971. Individuals/m³.

Although Fig. 14 does not show an increase in the total number of juvenile copepodids following the summer nauplius generation, the seasonal distribution of copepodid stages I through V shown in Fig. 15 for July through November very clearly indicates that there was a copepodid stage I generation amounting to 3200/m³ in mid-August, which resulted in a subsequent small, but significant increase in numbers of copepodid stages II and III as compared to their low point of mid-July, of stage IV as compared to its low in mid-August, and of stage V compared to its low in early September. The increase of the number of adults shown in Fig. 14 at the end of October is very small, but this constitutes the winter generation of 1971-1972. The main decimation of the autumnal generation clearly occurred in the nauplius stage and in copepodid stage I.

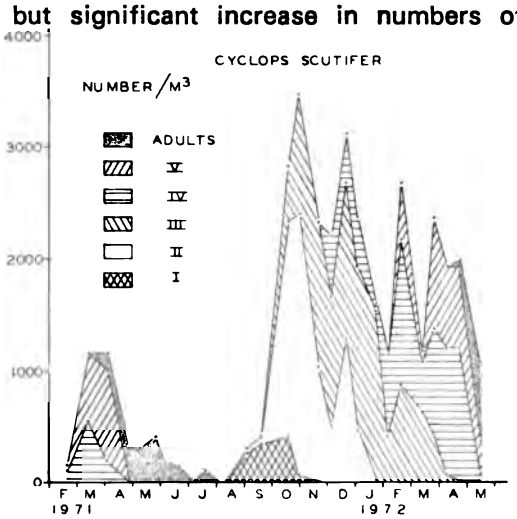


Figure 16. Seasonal distribution of *Cyclops scutifer*, adults and copepodid stages I to V. Individuals/m³.

Adult *Cyclops scutifer* occurred from early April to mid-July in 1971, and they first appeared in late April in 1972. In 1971 the greatest numbers (300-400/m³) were encountered in the period between late April and late May. In 1972 the study terminated in mid-May, at which time there was an average of 700 adults/m³. Specimens of the genus were not seen during August, at which time they undoubtedly were present, however, as nauplii. The first juvenile copepodids (stage I) appeared in early September. The juveniles reached a peak of 3,470/m³ in late October, then decreased throughout the winter, reaching very small numbers at the termination of the study in mid-May, 1972 (Fig. 16). In 1971 no juveniles were encountered after late April. There was, as would be expected, a regular succession of stages I through VI. Obviously, there was only a single generation of *C. scutifer* per year in Bauline Long Pond. Recently Kurenkov (1972) has shown that *C. scutifer* has a comparable seasonal distribution in boreal Lake Azabachie on the Kamchatka Peninsula, U.S.S.R.

The large predaceous copepod *Epischura nordenskiöldi* was seen only from early May through November, the largest number of juveniles occurring in late May and early June. Adults were most common from early June to early August. The species, however, never was very

abundant, the maximum (including all copepodid stages and the adults) being an average of 1,600/m^3 on May 25th. The maximum number of adults occurred in late June, when there was an average of 430/m^3.

Insecta. Larvae of *Chaoborus* were encountered from August through October in very small numbers, most being seen in the qualitative two samples. All collections were made during daylight hours, and this genus is noted for its downward migration into the bottom deposits in the daytime, so that actual quantities of this species are by no means indicated by the present collections.

Discussion

The following identified species reported herein have not previously been listed for insular Newfoundland : *Nitzschia acicularis, Peridinium cinctum, Keratella serrulata, Codonella cratera* and *Epistylis rotans.*

Originally it had been hoped that a comparison could be made between Hogans Pond and another Newfoundland lake which differed primarily in the lack of human disturbance and not in other parameters, but no such lakes were sufficiently accessible on a year-around basis. Bauline Long Pond differs from Hogans Pond not only in its reduced degree of human disturbance, but also in that it is smaller, more shallow, and with a greater growth of macrophytes. There also is a considerably larger drainage area, which is largely boggy. Hence, whereas the water of Hogans Pond had a color equivalent of 25 Pt units, that of Bauline Long Pond was 30-40. During the ice-free period, Hogans Pond waters are somewhat better mixed by the frequent strong winds than are those of Bauline Long Pond because the latter lake has less exposure to the prevailing westerlies. There is, however, no permanent summer temperature stratification in either lake. At the dates on which chemical analyses were made, Hogans Pond and Bauline Long Pond had somewhat the same concentration of $PO_4\equiv$, but the NO_3 concentration in Hogans Pond was nearly 48 times greater. Hogans Pond also was from 2–4.5 times richer in Ca than Bauline Long Pond, but both contained only low quantities. Total Fe was over 9 times greater in Hogans Pond. Specific conductance, however, was essentially the same in both.

In comparing the plankton of the two lakes (cf. Davis, 1972*a*, 1972*b*), the most striking phenomenon is that in the instances where the same phytoplankton species occurred in both locations, the numbers in Bauline Long Pond usually were distinctly smaller. In addition, some species that occurred in Hogans Pond, sometimes even dominant forms, were absent or virtually so in Bauline Long Pond. Less frequently the reverse also occurred, where more or less common species in Bauline Long Pond did not occur, or occurred in much smaller numbers, in Hogans Pond.

One of the most striking instances among the phytoplankters was *Microcystis aeruginosa* which existed in Hogans Pond all year, and dominated during much of the warm season. This species was only rarely seen in Bauline Long Pond, and then merely in token numbers. *Dinobryon divergens* on the other hand, was not seen in Hogans Pond, but was a sub-dominant in Bauline Long Pond during June. The diatom *Tabellaria fenestrata* was among the dominant phytoplankters in Hogans Pond, and *T. flocculosa* occurred regularly during most seasons, though in relatively small numbers. Neither of these species was of any importance in Bauline Long Pond,

though both occurred in minute numbers from time to time. The genus *Cyclotella* formed winter pulses in Hogans Pond with maxima around 17,000 cells/liter, whereas in Bauline Long Pond there were two peaks of abundance, that of June to July attaining 53,000 cells/liter and that of October to January having a maximum of 17,500/liter. It is probable, however, that the species of this genus differed in the two ponds. In addition, the green alga *Pediastrum boryanum* was seen regularly throughout the year in Hogans Pond, reaching a peak of abundance of 153 coenobia/liter. This species was seen only twice in Bauline Long Pond, and then only as individuals.

That most of these differences were not associated with the fact that the two studies were conducted in different years was shown by examination of qualitative samples taken in Hogans Pond during the progress of the present study. *Microcystis aeruginosa* and the two species of *Tabellaria* were just as important in Hogans Pond in 1971-1972 as during 1970-1971. *Pediastrum boryanum* occurred regularly as well, in conspicuous numbers.

The same species of zooplankters were dominant in the two lakes. The colonial rotifer *Conochilus unicornis*, however, was decidedly smaller and less abundant in Bauline Long Pond. Solitary rotifers that occurred more or less regularly in Bauline Long Pond, but were absent in Hogans Pond were *Kellicottia bostoniensis* and *Keratella serrulata*. The interesting protozoan, *Epistylis rotans* occurred in Bauline Long Pond both in the summer and fall of 1971 and the early summer of 1972, whereas no sign of this species was found in Hogans Pond at any time.

Among the microcrustaceans, *Bosmina longispina* was much less common in Bauline Long Pond than in Hogans Pond (qualitative samples from Hogans Pond in the winter of 1972 showed that this species became even more abundant than in 1970-71, whereas virtually none was seen during either winter in the present study). Except for adults of *Cyclops scutifer*, which were about twice as abundant in Hogans Pond at the maximum, the maxima for adults of most other species of common microcrustaceans were essentially the same for both lakes. Beneath the ice during the winter, however, the numbers in Bauline Long Pond both of *Cyclops* juveniles and of *Diaptomus minutus* adults were only about half as great as in Hogans Pond.

The greater biomass of phytoplankton in Hogans Pond than in Bauline Long Pond, especially the much greater importance in the former lake of blue-green algae, suggests that Hogans Pond is far the more eutrophic of the two. This contention is supported by the relatively small quantities in Bauline Long Pond of zooplankton during winter months, and by the consistently smaller size of *Conochilus unicornis* colonies (and their apparent lack during the winters). During the summer, however, the production of the crustacean zooplankton was comparable in both lakes, and that of *Diaptomus minutus* juveniles even considerably exceeded in Bauline Long Pond. Perhaps this was caused by the superior food qualities of the large summer stock of tiny species of *Cyclotella* in Bauline Long Pond. Although the total biomass of *Cyclotella* was small, it clearly was serving as food for the cladocerans and probably also for the copepods. Because of its minute dimensions its generation time undoubtelly was small, so that its production rate was high. The observations in Bauline Long Pond disagree for the most part with those of Järnefelt (1956*b*) in Finnish boreal lakes that in

brown waters the quantity of zooplankton is correlated with the amount of the phytoplankton.

Published data for other Newfoundland lakes is decidedly scanty. The only quantitative study of the plankton is the phytoplankton study of Palmer (1965) for Clarks Pond near Argentia on the Avalon Peninsula. In Clarks Pond the 3 most abundant genera were *Cyclotella*, *Dinobryon* and *Synedra*. *Dinobryon bavaricum* is the only common species that was identified as occurring also in Bauline Long Pond. This species occurred in Bauline Long Pond mainly in May and June, reaching a maximum of 243,000 cells or 18,400 colonies/liter. In Clarks Pond the genus attained maxima in June or July during the four years of study, the greatest number (of *D. bavaricum*) being 1,841,000/liter in July of 1954. Palmer *(op. cit.)* did not designate whether this was cells or colonies /liter, but in his manuscript report (Palmer, 1955) he indicates that he counted colonies. His values far exceed those either from Hogans Pond or from Bauline Long Pond. In 1965 he reported *Cyclotella* (mostly *C. stelligera*) as attaining a maximum of 1,885,000 cells/liter in Clarks Pond in September, 1954. In the 4 years reported, he found that the main period of occurrence usually was in late summer and fall. In Bauline Long Pond there was a massive pulse in June and July, and a secondary pulse in October to November. The maximum was 53,000 cells/liter, and only 17,300/liter in Hogans Pond, hence only a small fraction of the numbers reported from Clarks Pond. Palmer reported maxima for *Asterionella* (*formosa ?*) of 70,000 to 299,000 (cellclusters ?)/liter in the 4 years of study. This compares with maxima of 220,000 cells/liter for Hogans Pond and 49,000 cells/liter for Bauline Long Pond.

Unpublished limnological data by Palmer (1955), Seabrook (1962), Kerekes (1967, 1968*a*, 1968*b*, 1972), Wiseman (1970, 1971, 1972) and Dadswell (1970) suggest that most insular Newfoundland lakes agree with both Hogans Pond and Bauline Long Pond in being soft-water, low-conductivity lakes, whose water color lies within similar limits. Exceptions occur particularly in western Newfoundland, where there are limestone deposits, and where the waters often are considerably harder and with greater conductivity. Other exceptions are the lakes with higher or lower color values (Pt units), reflecting greater or lesser amounts of bogland in the drainage area.

According to the classification terminology of Järnefelt (1965*a*) (also see Hutchison, 1967), Bauline Long Pond is best described as a chthoniooligotrophic lake. This is indicated by its relatively deep coloration, by the reduced quantity of its phytoplankton standing stocks, and by the small importance of bluegreen algae. The rather meager number of species of planktonic crustaceans and rotifers in the lake agrees with the conclusions of Salazkin (1971) concerning oligotrophic lakes with weak acidity in the northwestern (largely boreal) portion of the Soviet Union. Such lakes (cf. Kerekes, 1972) are probably the most numerous type of lake in insular Newfoundland.

Acknowledgements

Field collections would have been virtually impossible without the aid of others in handling the boat, penetrating the ice, keeping field records, etc. It is a pleasure to acknowledge the participation of Drs. Stanley Frost and Garth Ried, and of Sally Davis, Barbara Barto, Michael O'Connell, Rollin Daggett and Lou Van Guelpen. This study was supported by a financial grant from the Canadian Fisheries Service (St. John's Branch) and by grant A-5074 from the National Research Council of Canada.

References

BERNARD, J. G. et R. LAGUEUX, 1972. Association planctonique (Cladocères et Copépodes) d'un lac dimictique du parc des Laurentides, Québec. *Naturaliste can.*, 99 (4) : 381-409.

BRUNSKILL, G. J. and D. W. SCHINDLER, 1971. Geography and bathymetry of selected lake basins, Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 28 (2) : 139-155.

CLEUGH, T. and B. W. HAUSER, 1971. Results of the initial survey of the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 28 (2) : 129-137.

DAVIS, Charles C., 1969. *Ergasilus luciopercarum* males in an unusual collection. *Can. J. Zool.*, 47 (6) : 1249-1252.

DAVIS, Charles C., 1972a. Plankton dynamics in a Newfoundland lake. *Verh. Int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 18 : 278-283.

DAVIS, Charles C., 1972b. Plankton succession in a Newfoundland lake. *Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 57 (3) : 267-395.

DAVIS, Charles C., 1973. A planktonic *Epistylis* from a Newfoundland lake. *Trans. Am. microsc. Soc.* (in press).

DADSWELL, M. J., 1970. A physical and biological survey of the aquatic environment (fresh water) of the proposed Gros Morne National Park, Newfoundland. Manuscr. Rep. Can. Wildl. Serv., Limnol. Sect., p. 1-76. (mimeographed).

DEEVEY, Edward C. and Georgiana B. DEEVEY, 1971. The American species of *Eubosmina* Seligo (Crustacea, Cladocera). *Limnol. Oceanogr.*, 16 (2) : 201-218.

DEGUERNE, Jules et Jules RICHARD, 1889. Revision des Calanides d'eau douce. *Mém. Soc. zool. Fr.*, 2 : 53-181.

FROST, Nancy, 1940. A preliminary study of the Newfoundland trout. *Fish. Res. Bull. Nfld Dep. nat. Res.*, 9 : 1-30.

HUTCHINSON, G. Evelyn, 1967. A treatise on limnology. Vol. II. Introduction to lake Biology and the limnoplankton. Wiley, New York, 1115 p.

JÄRNEFELT, H., 1956a. Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands. XVI. Mit besonderer Berücksichtigung des Planktons. *Ann. Zool. Soc. « Vancimo »*, 17 (1) : 1-201.

JÄRNEFTLT, H., 1956b. Zooplankton und Humuswasser. *Ann. Acad. Sci. Fennicae.* Ser. A., IV (Biol.), 31 : 1-14.

KEREKES, Joseph J., 1967. Progress report : the chemical composition of lake waters, Gros Morne proposed National Park, Newfoundland. Can. Wildl. Serv., p. 1-12 (Mimeographed).

KEREKES, Joseph J., 1968a. The chemical composition of lake waters in Terra Nova National Park, Newfoundland. *Prog. Rep. Can. Wildl. Serv.*, Limnol. Sect., p. 1-18. (Mimeographed).

KEREKES, Joseph J., 1968b. A brief survey of twenty-one lakes in Terra Nova National Park, Newfoundland. *Manuscr. Rep. Can. Wildl. Serv.*, Limnol. Sect., p. 1-60. (Mimeographed).

KEREKES, Joseph J., 1972. A comparative limnological study of five lakes in Terra Nova National Park, Newfoundland (typescript). Ph. D. dissert., Dalhousie Univ., p. 1-388.

KROKHIN, E. M. and F. V. KROGIUS, 1937. [Lake Kurii and the biology of the sockeye salmon (Oncorhynchus nerka Walb.) spawning in its basins]. Trudy tichookean. Kom. IV Kurii'sk Oz., p. 4-165. [Russian, Engl. summ.].

KURENKOV, I. I., 1967. Gidrobiologicheskii ocherk Oz. Nerpich'ego (Vostochnaya Kemchatka). [Hydrobiological sketch of Lake Nerpich'ego (eastern Kamchatka]. *Izv. tikhookean. nauchno-issled. Inst. ryb. Khoz. Okeanogr.*, 57 : 170-186.

KURENKOV, I. I., 1972. Gidrobiologicheskaya Kharakteristika Ozera Azabachègo po materialam 1949-1963 gg [Hydrobiological characteristics of Lake Azabachie from materials in the years 1949-1963]. *Inst. ryb. Khoz. Okeanogr.*, 82 : 33-49 [Russian, English summ.].

MEGYERI, János, 1969. Néhány to mesozzooplanktonja. Szegedi Tanárképzö Föiskola Tudományos Közleményeiböl, 1969 : 105-119. [Hungarian, Engl. summ.].

PALMER, C. Mervin, 1955. Plankton removal tests and water survey at Naval Station, Argentia, Newfoundland. U.S. Publ. Health Serv., San. Eng. Cent., Rep. to Dep. Navy, p. 1-60.

PALMER, C. Mervin, 1965. Phytoplankton periodicity in a Newfoundland pond. *J. Phycol.*, 1 (1) : 39-40.

RYHÄNEN, Reino, 1962. Über den Zustand der Gewässer im südlichen Einzugsgebiet des

Kokemäenjoki (Finnland). II. Das Untersuchungsgebiet und seine Belastung. *Ann. Acad. Sci. Fennicae*. Ser. A. III. Geol. Geog. 63 : 1-27.

SALAZKIN, A. A., 1971. Zooplankton in oligotrophic lakes of the humid zone in the northwestern U.R.S.S. (English transl.), *Hydrobiol. J.*, 7 (3) : 23-28 (*Gidrobiol. Zh.*, 7 (3) : 31-37).

SCHWOERBEL, J., 1966. Methoden der Hydrobiologie. Kosmos, Stuttgart. 207 p.

SEABROOK, W. D., 1962. A survey of nine lakes on the island of Newfoundland 1961. M.S. Files of Can. Dep. Fish., St. John's Nfld. 70 p.

SMITH, M. W., 1961. A limnological reconnaissance of a Nova Scotian brownwater lake. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 18 (3) : 463-478.

TRUBIN, M. I. (Ed.), 1964. Voprosy Gidrobiologii Vodoemov Karelii [Hydrobiological questions on Karelian waters]. Karel'skoe Knizhnoe Izdatel'stvo, Petrozavodsk. 338 p.

WISEMAN, R. J., 1970. The limnology and ecology of Petty Harbour Long Pond : an unfinished reservoir. *Prog. Rep. Dep. Fish. Forest.* (Newfoundland Reg.), Fish., 65 : 1-75.

WISEMAN, R. J., 1971. The limnology, ecology and sport fishing of Thomas Pond : a multiuse reservoir. *Prog. Rep. Fish. Serv., Res. Dev. Brch Env. Can.*, 73 : 1-133.

WISEMAN, R. J., 1972. The limnology, ecology and sport fishery of Paddys Pond : a heavily fished lake near metropolitan St. John's Newfoundland. *Prog. Rep. Fish. Serv. Res. Dev. Brch Env. Can.*, 84 : 1-163.

WOODHEAD, N. and R. D. TWEED, 1960. Additions to the algal flora of Newfoundland. I. New and interesting algae in the Avalon Peninsula and Central Newfoundland. *Hydrobiologia*, 15 (4) : 309-362.

Naturaliste can., 100 : 107-115 (1973).

EFFETS D'UN TRAITEMENT À L'HORMONE JUVÉNILE SYNTHÉTIQUE SUR LES TISSUS DE *MACROSIPHUM EUPHORBIAE* (THOMAS) (HOMOPTERA : APHIDIDAE)

L. DESSUREAULT
Laboratoire de génétique évolutive, C.N.R.S., 91190 Gif-sur-Yvette, France

J. M. PERRON
Département de biologie, Faculté des sciences, Universié Laval Québec, Québec

Résumé

L'étude des effets d'un analogue de l'hormone juvénile, le mélange de Law et Williams, a été faite sur la forme ailée de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas). Une dose de 1 μg par insecte appliquée au début du troisième stade larvaire provoque la formation d'un tégument d'apparence larvaire, avec d'importantes accumulations d'endocuticule. La différenciation des bourgeons alaires est retardée, mais non interrompue définitivement. Le traitement entraîne un arrêt irréversible de la morphogenèse des muscles du vol. Cependant leur dégénérescence n'est pas affectée. Les glandes prothoraciques sont maintenues et la présence de deux cuticules chez certains insectes confirme leur état actif, à l'âge adulte. Le système reproducteur des femelles traitées présente soit un état larvaire, soit des malformations provoquant la stérilité. Les embryons ne sont pas affectés par l'hormone juvénile synthétique. Ils continuent leur croissance normale à l'intérieur des femelles et semblent viables.

Abstract

The application of a synthetic juvenile hormone to third instar potato aphids, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), produces morphological abnormalities in the adult alate form. Histological investigations show that treated adults tend to accumulate endocuticule. The wing bud differentiation is affected but not arrested completely while flight muscles undergo an irreversible suspension in metamorphosis at the time of the treatment. Further investigations show that treated adult animals maintain their prothoracic glands and are presumed to be active while embryos of adult females appear not to be affected by the synthetic hormone. Certain malformations in the female reproductive system produce a sterile condition. However, the embryos are not affected by the synthetic juvenile hormone.

Introduction

L'application d'hormone juvénile ou de substances mimétiques chez les Aphididae a surtout été réalisé pour approfondir les connaissances sur les mécanismes contrôlant le polymorphisme. Lees (1966), utilisant des extraits d'abdomens de *cecropia* mâle, obtint peu de variations dans le développement de *Megoura viciae* Buckton ; seuls le prothorax et les pattes furent faiblement affectés. Utilisant l'hormone juvénile syn-

* Contribution nº 99 du Département de biologie, Université Laval, Québec.

thétique de Law *et al.* (1966), White (1968) démontra que les formes ailées de *Brevicoryne brassicae* (L.) traitées au début du troisième stade larvaire peuvent présenter, lors de la mue imaginale, une forte juvénilisation. Dans certains cas, les animaux effectuèrent une ou plusieurs mues surnuméraires et très peu purent se reproduire. Par contre, une cuticule supplémentaire est formée chez les adultes lorsque des aptères sont traités au même stade. De plus, White et Lamb (1968) observèrent une réduction de la fécondité et du temps de survie ainsi qu'une augmentation du pourcentage d'aptères à la génération suivante. Récemment, Hangartner *et al.* (1971) obtinrent avec un analogue de l'hormone juvénile des perturbations de la fécondité et du développement post-embryonnaire des formes aptères de *Aphis fabae* Scopoli. Après une cinquième mue, et parfois au cours d'une sixième, les insectes moururent sans se reproduire. Ils constatèrent que les femelles contenaient un plus grand nombre d'embryons que les témoins et que les conduits génitaux ainsi que la plaque génitale montraient des malformations. Les effets les plus marqués furent obtenus en traitant des animaux au troisième stade.

Jusqu'à maintenant, peu de travaux ont précisé les effets de l'hormone juvénile sur les tissus des Aphididae. Ce travail apporte quelques données montrant les effets de la préparation hormonale de Law et Williams sur différents tissus de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas).

Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée sur le puceron de la pomme de terre, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), avec l'hormone juvénile synthétique de Law *et al.* (1966) qui est un mélange d'isomères du farnésol. L'application du produit a été faite au début du troisième stade larvaire de la forme virginipare ailée. Chaque insecte a reçu 1 μg du produit par application locale, faite à l'aide d'une fine aiguille de verre montée sur une seringue (Hamilton) et couplée à un micro-applicateur. Après le traitement, les animaux sont remis sur des plantules de pomme de terre, variété Montagne verte, et placés dans une chambre d'élevage où règne une température de 20 $\pm$ 1°C, une humidité relative de 65% et une photopériode comprenant 18 heures de lumière. Après neuf à douze jours d'incubation, temps nécessaire pour obtenir la forme adulte chez les témoins, des pucerons témoins et traités sont prélevés et fixés dans le Bouin alcoolique pour étude histologique. Les préparations sont colorées à l'hémathoxyline (Galigher et Kozloff, 1964) avec régression dans l'acide picrique et contre-coloration à la tirosine.

Résultats

TÉGUMENT

Dans les parties qui, chez l'adulte témoin, sont non sclérotisées, la cuticule des insectes traités a une épaisseur pouvant aller jusqu'à 0.44 μ et présente des ondulations beaucoup plus abondantes. Entre les couches supérieures du tégument et de l'hypoderme, on observe une accumulation d'endocuticule qui est absente chez les témoins. Cette nouvelle structure présente une stratification lâche, particulièrement évidente au niveau des replis segmentaires. Contrairement à ce que l'on observe chez les témoins, le tégument n'est jamais sclérotisé en totalité au niveau du thorax et présente plusieurs autres zones entièrement dépourvues de sclérotisation. L'endocuticule a la même structure que dans le reste du tégument. Plusieurs animaux recueillis alors qu'ils étaient moribonds sont recouverts par deux cuticules, l'a-

nimal ne pouvant plus sortir de son exuvie.

Par contre, l'hypoderme présente des aspects variables d'un groupe d'individus à l'autre. Chez certains, il est formé de cellules très aplaties comme chez l'adulte témoin, alors que chez d'autres, il présente une structure larvaire à cellules cubiques ou même allongées. D'autres présentent un hypoderme en phase active avec, en surface, un début de nouvelle cuticule. Ces insectes se préparaient donc à subir une nouvelle mue à un âge où la taille adulte est normalement atteinte.

BOURGEONS ALAIRES

L'effet du traitement à l'hormone juvénile synthétique se traduit par divers degrés de malformation au niveau des ailes. Chez les animaux les moins affectés ayant effectué leur quatrième mue pour donner un adulte quasi-parfait, les ailes ont les caractéristiques adultes mais restent fripées. Par contre, chez les animaux ayant subi des mues larvaires surnuméraires, les ailes demeurent toujours repliées dans les ptérothèques. Après la quatrième mue larvaire, ces structures, de volume supérieur à la normale, contiennent une ébauche alaire dont le développement n'a atteint que le stade de la formation des cellules à filaments tel qu'observées au début du quatrième stade larvaire témoin (figure 1). Après une cinquième mue larvaire, ou davantage, les ptérothèques ont encore augmenté de volume, leur longueur étant souvent égale à celle de l'animal. Chez ces animaux affectés, l'ébauche alaire évolue très peu et ne dépasse jamais le stade du premier repliement (figure 2).

Figure 1. Cellules à filaments observées au début du quatrième stade larvaire des témoins et après la quatrième mue des insectes traités. Figure 2. Stade du premier repliement des bourgeons alaires des insectes ayant subi des mues surnuméraires.

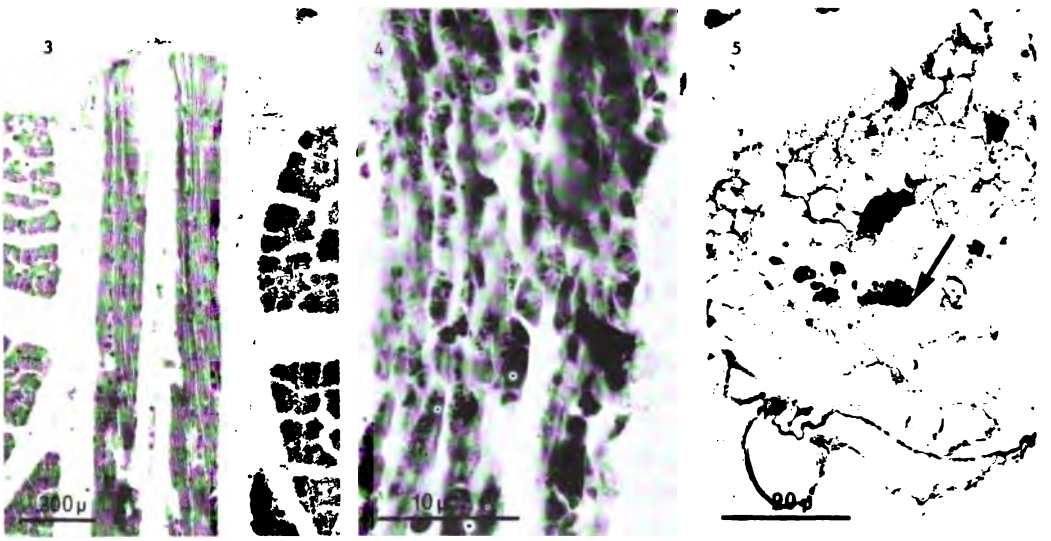


Figure 3. Muscles alaires des adultes témoins. Figure 4. Travées de muscles des insectes traités âgés de 12 jours. Figure 5. Muscles des insectes traités âgés de 16 jours.

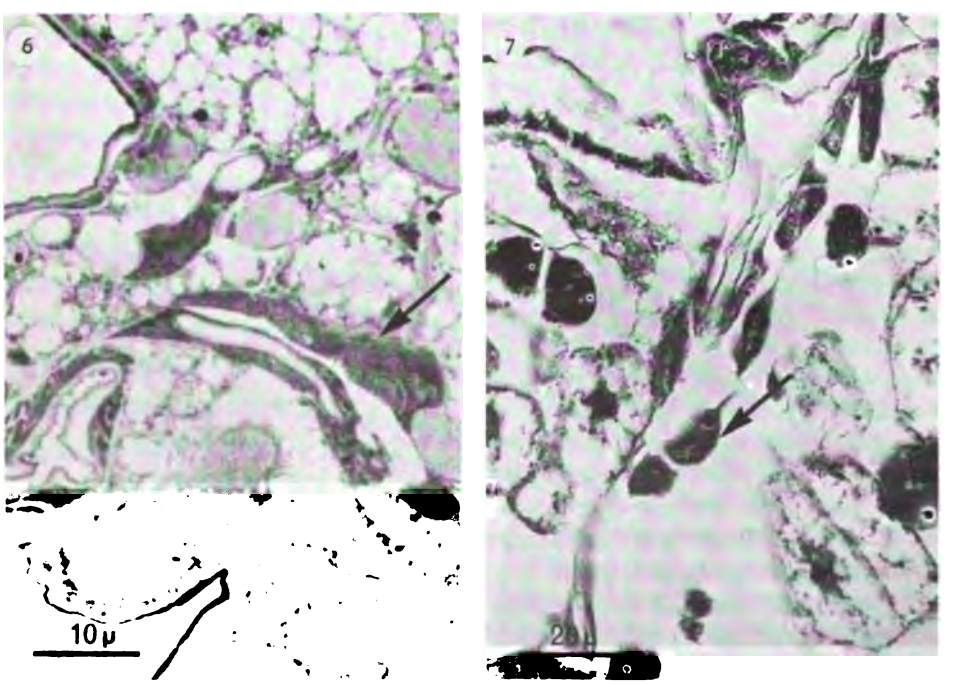


Figure 6. Glandes prothoraciques du quatrième stade larvaire témoin. Figure 7. Glandes prothoraciques d'un insecte traité âgé de 12 jours.

MUSCLES ALAIRES

Tous les insectes traités présentent des modifications de la musculature du vol. Chez les animaux ayant atteint douze jours, âge où les témoins sont adultes, les muscles ont seulement le volume de ceux d'une larve en début de quatrième stade larvaire et leur structure ne ressemble en rien à celle de l'adulte témoin (figure 3) ; elle se rapproche au contraire par certains aspects de la musculature larvaire. Des travées rappelant l'aspect des fibres en formation sont entrecoupées par des rangées de petites cellules fortement colorées à l'hématoxyline (figure 4). Par endroits, des noyaux caractéristiques des fibres musculaires des témoins peuvent être retrouvés. Cependant, en aucun cas des fibres musculaires typiques ne sont observées.

Chez les insectes de seize jours, les travées fibrillaires sont observées de moins en moins. Seules les cellules très colorées subsistent. L'examen révèle que ces structures s'agglomèrent et prennent alors un aspect tout à fait comparable à celui des noyaux des muscles en dégénérescence (figure 5). Leur nombre diminue peu à peu, de même que celui des noyaux musculaires et elles finissent par disparaître complètement.

GLANDES PROTHORACIQUES

La présence des glandes prothoraciques est évidente chez les larves de *M. euphorbiae*. Ces glandes, formées de dix à quinze cellules, s'étendent le long des troncs trachéens principaux, allant des stigmates prothoraciques vers la tête (figure 6). Après la sécrétion de la cuticule adulte, elles disparaissent juste avant la mue imaginale. Chez les insectes traités, les glandes prothoraciques sont présentes même après plusieurs mues surnuméraires (figure 7). Elles disparaissent seulement chez les animaux présentant, après le traitement, une forme adulte très peu juvénilisée.

APPAREIL REPRODUCTEUR

La majorité des animaux traités deviennent stériles ; seuls ceux se rapprochant le plus de la forme adulte réussissent à se reproduire pendant une brève période, après quoi, l'expulsion des embryons cesse. Plusieurs types de modifications peuvent expliquer cette stérilité.

Dans de nombreux cas, des plaques sclérotisées apparaissent dans le vagin (figure 8). Cette sclérotisation prend une importance encore plus grande chez certains animaux où, sous une cauda larvaire, tout l'orifice et la plaque génitale sont transformés. Dans d'autres cas, les oviductes latéraux et le vagin sont absents et à leur place se trouvent des masses d'organismes symbiotiques provenant des mycétomes éclatés (figure 9). Par contre, chez d'autres, le vagin et les oviductes sont formés mais leur musculature semble rester larvaire ; les embryons de ces insectes, bien que parvenus à maturité, ne descendent pas dans les oviductes. Chez certains insectes, un embryon n'a pu être expulsé et obstrue l'ouverture génitale ; des plaques sclérotisées recouvrent alors la partie située à l'extérieur de la mère (figure 10). Pour les animaux qui ont effectué des mues surnuméraires, le pore génital est toujours recouvert de cuticule et la plaque génitale est peu développée (figure 11).

Chez les animaux s'étant reproduits pendant un certain temps et chez les insectes stériles, l'abdomen de la mère est rempli d'embryons en croissance. Les plus jeunes embryons observés ont déjà effectué la blastocinèse et la présence de stades moins avancés est exceptionnelle. L'accumulation d'embryons dans l'abdomen de la mère provoque des bou-

leversements morphologiques importants. Des embryons entièrement formés occupent le thorax, repoussant vers la tête les muscles du vol et le jabot ainsi que les corps gras. Dans certains cas extrêmes, des mycétomes et des ovarioles entiers sont refoulés dans les ptérothèques.

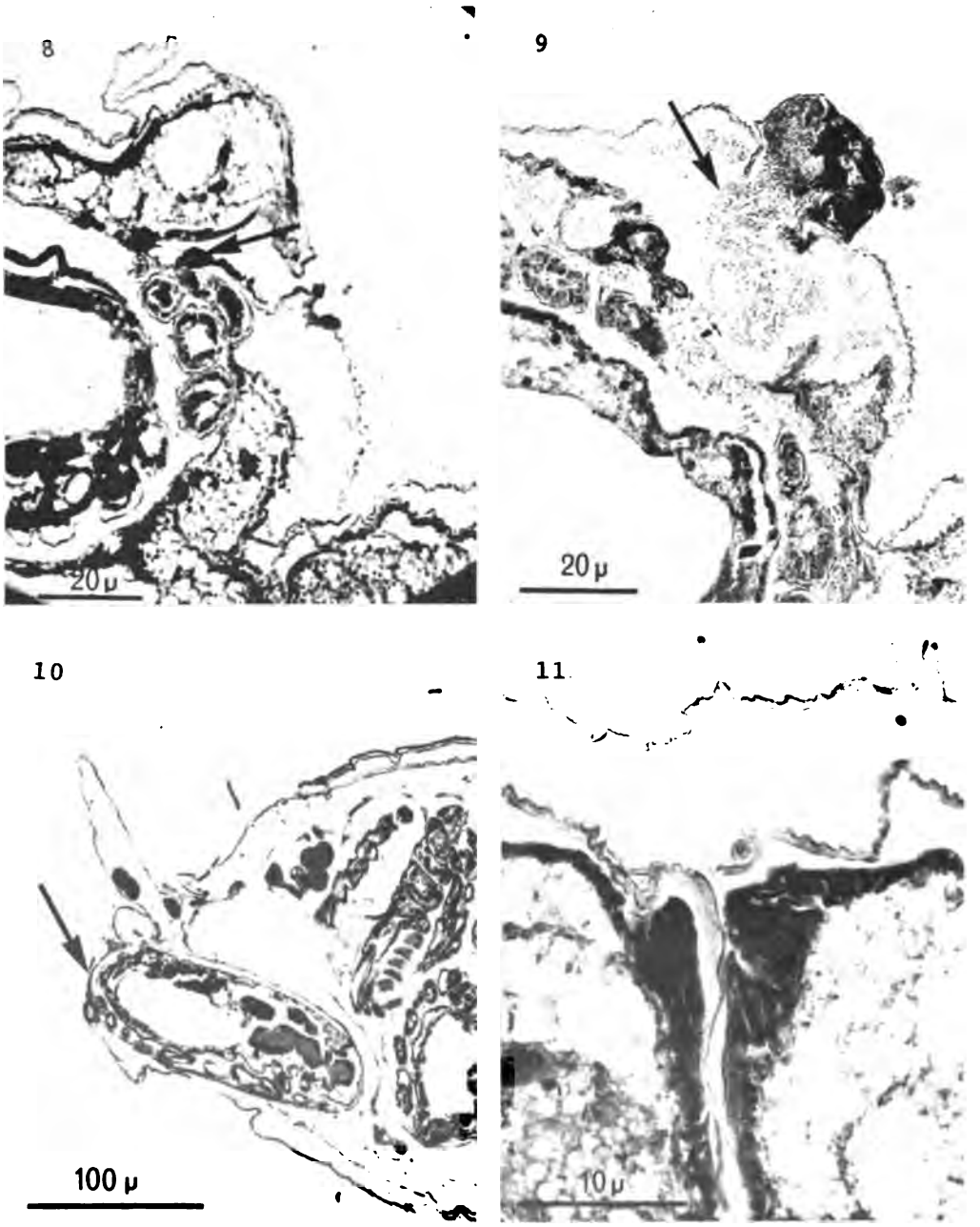


Figure 8. Anomalies de l'appareil reproducteur des insectes traités : vagin avec plaques sclérotisées. Figure 9. Pore génital obstrué par des symbiotes. Figure 10. Pore génital fermé par une couche de cuticule empêchant l'expulsion de l'embryon. Figure 11. Vagin fermé par deux couches de cuticule.

Dans aucun cas, la morphologie des embryons n'est affectée par le traitement. Au contraire, ils sont plus gros que ceux trouvés chez les témoins. L'examen histologique montre que leur système reproducteur a atteint un développement correspondant au premier stade larvaire. Ces embryons sont probablement viables et seules les modifications du tractus génital de la mère ont empêché leur libération. Les seules malformations observées sont manifestement causées par les pressions auxquelles les embryons ont été soumis à l'intérieur de la mère, à cause de leur grande taille.

Discussion

L'application de l'hormone juvénile synthétique produit chez *M. euphorbiae* des réactions différentes selon les tissus. Cette situation pourrait être due au fait que chaque tissu possède un degré de sensibilité différente au produit, variable selon son état de différenciation au moment du traitement. Par ailleurs, quoique l'âge des insectes traités soit connu à une heure près, il existe des variations individuelles dans l'état physiologique des pucerons qui peuvent expliquer également la diversité de certaines réponses obtenues.

À la suite du traitement, certains effets observés rappellent l'action de l'hormone juvénile sécrétée par les corps allates. Au niveau du tégument de ces insectes, l'absence de sclérotisation et l'abondance des plissements sont comparables à l'état larvaire. De tels effets furent également notés chez *Tenebrio* après l'application d'huile de *cecropia* (Zlotkin et Levinson, 1969) ou d'analogues de l'hormone juvénile de type farnésol (Caveney, 1970). Par contre, l'accumulation d'endocuticule à stratification lâche observée chez la plupart des pucerons traités est comparable à celle observée chez *Tenebrio* à la suite d'une blessure du tégument (Caveney, 1970). Aucune expérience de ce type n'a été faite sur *M. euphorbiae.*

Notre étude montre que le traitement maintient les glandes prothoraciques des insectes ayant atteint l'âge adulte comme le fait l'hormone juvénile naturelle (Gilbert, 1962). De plus, ces glandes semblent fonctionnelles puisque les insectes subissent plusieurs mues surnuméraires. Il semble que la présence du produit empêche le déclenchement du processus de dégénérescence de ces glandes. Le système reproducteur des animaux traités présente également des signes de juvénilisation : pore génital obstrué par la cuticule, embryons n'étant pas descendus dans les oviductes.

Dans le cas des bourgeons alaires, la conséquence du traitement est un arrêt de la croissance suivie d'une reprise lente et progressive du développement de type normal. Il semble donc qu'il s'agisse ici davantage d'un bloquage de la multiplication cellulaire plutôt que d'une stimulation de la croissance larvaire. La reprise du développement vers le type adulte pourrait s'expliquer par une inactivation progressive du produit par l'insecte, semblable à celle démontrée par Gilbert et Schneiderman (1959) chez les Saturnides.

La réaction au traitement observée dans les muscles du vol diffère sensiblement de celle décrite pour les autres tissus et confirme le fait que tous ne réagissent pas de la même manière. Il est indéniable que le processus de formation de la musculature du vol est arrêté au moment du traitement, tout comme l'a remarqué White (1968). Mais contrairement aux bourgeons alaires, les muscles alaires ne reprennent pas leur différenciation normale à mesure que le traitement perd de son efficacité. L'altération est définitive et se traduit par une structure désordonnée. Chez les animaux

plus âgés, la dégénérescence ne semble pas être affectée par le produit. Nous ignorons exactement quels sont les mécanismes qui déclenchent ce processus. De Kort (1969) suggère que, chez les Coléoptères, le besoin protéique au début de l'ovogénèse serait à la base de cette dégénérescence. Cependant, il est difficile d'avancer une telle hypothèse chez les Aphididae, insectes vivipares où la reproduction débute bien avant le début de la dégénérescence musculaire. Johnson (1953) n'a d'ailleurs pu relier ce phénomène de la disparition des muscles d'*Aphis fabae* avec le début de la libération des embryons. Nos observations confirment ce fait, car, même chez les insectes ne s'étant pas reproduits, cette dégénérescence a lieu. De plus, il semble évident que le processus de la dégénérescence n'est pas dépendant de celui de la morphogénèse, car la dissolution des fibres se fait dans des muscles où la différenciation ne s'est pas achevée.

Malgré les effets juvénilisants observés, l'action du traitement à l'hormone juvénile est difficilement comparable à celle de l'hormone juvénile naturelle des Aphididae. Novak (1966) définit les produits juvénilisants comme étant des substances qui « inhibent la morphogénèse par stimulation de la croissance larvaire, sans supprimer la croissance imaginale ». Il les oppose ainsi aux produits pseudo-juvénilisants telle que la colchicine, qui bloquent toute multiplication cellulaire (Slamà, 1961, 1962). Chez les pucerons, l'absence des structures caractéristiques de la larve dont on pourrait suivre l'évolution après un traitement empêche de classer le produit employé dans l'une ou l'autre des catégories.

L'observation effectuée sur les embryons montre que, dans tous les cas, le développement normal se poursuit même si la mère a été très affecté le traitement. De plus, ceux qui libérés par des femelles faibleme fectées purent se développer nor ment. Le fait que le produit doive bord traverser la cuticule, le corps puis le follicule maternel avant d'a dre l'embryon est probablement un son de l'inefficacité du traitement autre raison pourrait être le phénc d'inactivation que nous avons me né précédemment. D'autre part, l ford et Williams (1967) ont montr le traitement d'oeufs de *H. cecropi* avec des mimétiques de l'hormor vénile n'est efficace chez la larve s'il est appliqué au début de la f tion de l'embryon. Aucune étude parable n'a été réalisée chez les ins vivipares. Peut-être existe-t-il égale une période privilégiée pour l'actio analogues sur les embryons ? Ce s'il existe, conditionnerait égale l'efficacité du traitement. Ceper même si les embryons ne sont pa rectement affectés, l'application de mone juvénile synthétique peut être sidérée comme efficace puisque la part des animaux traités devienne pidement stériles. De plus, les rés obtenus semblent indiquer que, de évidence, l'effet du produit se fait tir dès l'application et n'est pas re jusqu'à la mue imaginale. Par cont rétention d'un analogue fut observé Riddiford et Williams (1967) sur embryons de *H. cecropia*.

Remerciements

Ce travail a été rendu possible grâce à financière du Conseil des recherches agr du Ministère de l'éducation du Québ du Conseil national de recherches du C

Références

CAVENEY, S., 1970. Juvenile hormon wound modelling of *Tenebrio* cuticule tecture. *J. Insect Physiol.*, 16 : 1087

DE KORT, C. A. D., 1969. Hormones and the structural and biochemical properties of the flight muscles. *Meded. Lamb. Hoogesch. Wageningan*, 64 (2) : 125-236.

GALIGHER, A. E. and E. N. KOZLOFF, 1964. Essentials of practical microtechniques. Lea and Febiger, Philadelphia, 484 p.

GILBERT, L. I., 1962. Maintenance of the prothoracic gland by the juvenile hormone in insects. *Nature*, Lond., 193 : 1205-1207.

GILGERT, L. I. and H. A. SCHNEIDERMAN, 1959. Prothoracic gland stimulation by juvenile hormone extracts of insects. *Nature*, Lond., 184 : 171-173.

HANGARTNER, W., B. PEYER and W. MEIER, 1971. Effects of a juvenile hormone analogue on the apterous form of the bean aphid, *Aphis fabae* Scop. *Mededelingen Fakulteit Landbouw Wetenschappen Gent*, 36 : 866-873.

JOHNSON, B., 1953. Flight muscles autolysis and reproduction in aphids. *Nature*, Lond., 172 : 813-814.

LAW, J. H., C. YUAN and C. M. WILLIAMS, 1966. Synthesis of a material with high juvenile hormone activity. *Proc. Natn. Acad. Sci. U.S.A.*, 55 : 576-578.

LEES, A. D., 1966. The control of polymorphism in aphids. *Adv. Insect Physiol.*, 3 : 207-277.

NOVAK, V. J. A., 1966. Les effets morphogénétiques de l'hormone juvénile chez les insectes. *Annls Endocr.*, 27 : 371-377.

RIDDIFORD, L. M. and C. M. WILLIAMS, 1967. The effect of juvenile hormone analogues on the embryonic development of silkworms. *Proc. Natn. Acad. Sci. U.S.A.*, 57 : 595-601.

SLAMÀ, D., 1961. Pseudo-juvenilising effects in insects. *Gas. Csl. Spol. ent.*, 58 : 117-120.

SLAMÀ, D., 1962. The juvenile hormone like effects of fatty acids, fatty alcohols and some other compounds in insect metamorphosis. *Gas. Csl. Spol. ent.*, 59 : 223-240.

WHITE, D. H., 1968. Post natal treatment of the cabbage aphid with a synthetic juvenile hormone. *J. Insect physiol.*, 14 : 901-912.

WHITE, D. H., and K. P. LAMB, 1968. Effect of a synthetic juvenile hormone on adult cabbage aphids and their progeny. *J. Insect Physiol.*, 14 (3) : 395-402.

ZLOTKIN, E., and H. Z. LEVINSON, 1969. Influence of *cecropia* oil on the cuticule of *Tenebrio molitor*. *J. Insect Physiol.*, 15 : 105-110.

Naturaliste can., 100 : 117-122 (1973).

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE DETERMINATION OF URIC ACID AND ALLANTOIN IN *NEODIPRION SWAINEI* MIDD. FRASS

A. GONZALEZ
Laurentian Forest Research Centre, Ste-Foy, Québec

B.J.R. PHILOGÈNE
Department of Plant Science, University of British Columbia, Vancouver

Résumé

Plusieurs méthodes de dosage de l'acide urique et de l'allantoïne sont décrites dans la littérature. L'identification de ces deux substances, lorsqu'elles sont présentes dans un échantillon, offre toutefois des difficultés suite au parallélisme de leur comportement chimique ou physico-chimique.

Huit méthodes analytiques ont été sélectionnées ; leur sensibilité et leur sélectivité ont également été étudiées. On a trouvé que la combinaison sélective de trois de ces méthodes permet l'identification et le dosage de l'acide urique et de l'allantoïne. Finalement, une technique, applicable au dosage de ces deux substances dans les excréments d'un insecte phytopage, est décrite. De façon plus générale, ce travail peut s'avérer utile à tous ceux qui s'intéressent au catabolisme azoté des insectes.

Abstract

Several methods are described in the literature concerning the determination of uric acid and allantoin. But, the determination of these two compounds, when present in a sample, present difficulties because of the parallel in their chemical and physical-chemical behavior.

Eight selected methods were studied concerning the sensitivity and interference in the methods. The selective combination of three of the eight methods permitted the qualitative and quantitative determination of uric acid and allantoin. A technique which can be used in measuring the nitrogenous compounds (uric acid and allantoin) in the frass of phytophagous insects is described. This paper is useful for anyone interested in the nitrogen catabolism of insects.

Introduction

It is generally agreed that uric is the most common end product of nitrogen catabolism in insects. In recent years, it has, however, been demonstrated that uric acid is only a transitory compound in the purine metabolism of a number of insect species (Razet, 1966), and the latter instead excrete allantoin, allantoic acid, or urea. In Symphita (Hymenoptera), Smirnoff and Philogène (1968) demonstrated the accumulation of uric acid in the fat body of Diprionidae and Tenthredinidae, and Razet (1966) reported the presence of uric acid, allantoin, allantoic acid in *Croesus septentrionalis* L., *Pteronidea ribesi* Scop., *Empria pulverata* Retz and *Diprion pini* L. excreta.

During the investigation of temperature and photoperiod effect on the post-embryonic development of *Neodiprion swainei* Midd., it was found that frass

production was directly related to photophase and the number of day-degrees required to complete larval development (Philogène, 1970). To estimate the metabolic rates under different rearing conditions, analyses were made of excretory products present in the frass. Justification for the analyses was based initially on the fact that Bhattacharya and Waldbauer (1969b) had shown that uric acid could be used as an indicator for the determination of food utilization in *Tenebrio* and *Tribolium*. However, techniques easily applicable to stored-product insects require modifications with phytophagous Hymenoptera. It was, therefore, necessary to investigate and develop methods that would ensure a relatively rapid and accurate determination of excretory products in several samples of frass of *N. swaieni* larvae.

This paper reports on analytical methods which can be used for the identification and quantification of excretory end products in a sawfly.

Methods

Several methods may be used for measuring uric acid concentration in blood (Sellek *et al.*, 1969), serum (Archibald, 1957), urine (Benedict and Franke, 1922), insect frass (Nation and Patton, 1961, Bhattacharya and Waldbauer, 1969a), insects (Tojo and Hirano, 1966, Smirnoff and Philogène, 1968), and for allantoin determination (El Ridi *et al.*, 1954, Hofmann *et al.*, *1969*, Young and Conway, 1942). Eight methods (Archibald, 1957 ; Sellek *et al.*, 1969 ; Bhattacharya and Waldbauer, 1969a ; Philipps and Banish, 1968 ; Dickstein *et al.*, 1955 ; Hofmann *et al.*, 1969 ; El Ridi *et al.*, 1954 ; Young and Conway, 1942) based on three principles, colorimetry, chromatography, and fluorometry, were selected and applied to the individual or simultaneous identification of uric acid and allantoin in the frass *N. swainei* larvae. They were chosen determine advantages and limitatic i.e., sensitivity, specificity, interferenc and also because of subsequent util tion in the analysis of a series of fr samples.

The frass of *N. swainei* was collec from rearing cages, and freed of pl debris. Dried overnight at 100°C, was weighed, ground, and mechanic shaken with 95% ethanol for ½ (5g/frass/50 ml ethanol). The alcoh mixture was then centrifuged and fil ed ; the procedure was repeated 4 tir This does not alter the nitrogen excret product content of the frass, but it essential to get rid of the chlorop component in the excreta ; the resi was gently heated to dryness (3h 60-70°C). Extraction of purine c pounds was then carried out and sample mixed with 0.6% Li_2CO_3 (w, 1/10) for 30 min. The filtrate remai in the refrigerator for 2 days bef being filtered once more, and decolori with activated charcoal. Precipitation proteinaceous material was carried as follows : to 5 ml of discolored ext 1 ml 10% Na_2WO_4 and 2 ml 0.6 H_2SO_4 were added. The mixture shaken and stood for 5 min.

Final verification of the sensitivity the analytical methods discussed carried out by adding pure acid allantoin to lithium carbonate extr of frass and testing for their preser

Results and discussion

Each of the eight methods used the detection of uric acid and allan in the frass of *N. swainei* larvae had own degree of sensitivity (Table However, for our purposes, only th methods were found efficient. For acid : Archibald, or Bhattacharya Waldbauer ; for allantoin : Young

TABLE I

Principal characteristics of the eight methods used for uric acid and allantoin detection

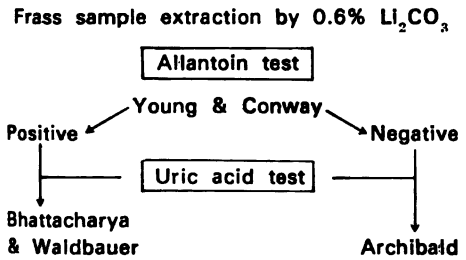
Author	*Method*	*Limits of detection µg/ml*		*Margin of security*	*Applicability*
		Uric Acid	*Allantoin*		
Archibald (1957)	colorimetry	1–2	200–225	good, preliminary for allantoin is needed	easy
Sellek *et al.* (1969)	colorimetry	2–3	150–175	good, same as Archibald	easy
Bhattacharya & Waldbauer (1969a)	enzymatic spectrophotometry	0.5–1.0	—	excellent	better adapted to detection of small quantities
Philipps & Banish (1968)	enzymatic fluorometry	40–50	—	excellent	relatively time consuming
Dickstein *et al.* (1955)	paper chromatography	10–15	—	weak, Rf values practically the same	time consuming because desalting
El Ridi *et al.* (1954)	colorimetry	40–50	200–250	weak	easy
Young & Conway (1942)	colorimetry	—	4–5	excellent	easy
Hofmann *et al.* (1969)	chromatography (TLC)	—	10–15	good, other purine – compounds can interfer	easy

TABLE II

Recovery of uric acid and allantoin after addition of Li_2CO_3 treated extract of *N. swainei* larval frass

Methods								
Bhattacharya & Waldbauer (1969a) (uric acid)			*Archibald (1957) (uric acid)*			*Young & Conway (1941) (allantoin)*		
added µg/ml	*determined* µg/ml	%	*added* µg/ml	*determined* µg/ml	%	*added* µg/ml	*determined* µg/ml	%
0.5	0.5	100.0	1.0	1.1	110.0	2.0	2.0	100.0
1.0	1.1	110.0	2.0	2.1	105.0	4.0	4.1	102.5
1.5	1.3	86.6	3.0	3.0	100.0	6.0	6.1	101.7
2.0	1.8	90.0	4.0	4.1	102.5	8.0	7.8	97.5
2.5	2.6	104.0	5.0	4.9	98.0	10.0	9.9	99.9
3.0	3.2	106.7	6.0	5.8	96.6	12.0	12.0	100.0
3.5	3.6	102.8	7.0	7.2	102.8	14.0	14.3	102.1
4.0	4.1	102.5	8.0	8.0	100.0	16.0	15.8	98.7

Conway. The three methods were selected in agreement with their analytical characteristics and applied according to following scheme.



Archibald's (1957) method is rapid and efficient for uric acid, but inadequate for allantoin in the presence of uric acid (Fig. 1). When Bhattacharya and Waldbauer's (1969a) method is used, the presence of relatively high quantities of allantoin (500 μg/ml) does not affect the curve (Fig. 2). Archibald's method allows the dosage of uric acid in the presence of allantoin at concentrations smaller than 100 μg/ml. Above this limit

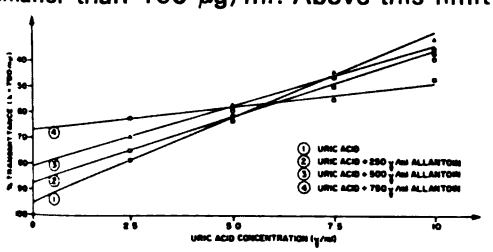


Figure 1. Influence of allantoin on the colorimetric determination of uric acid as used by the method of Archibald (1957).

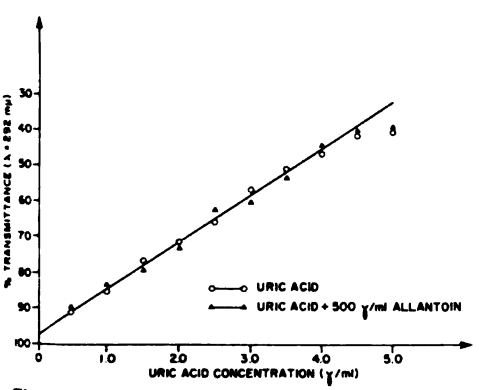


Figure 2. Influence of allantoin on the spectrophotometric determination of uric acid.

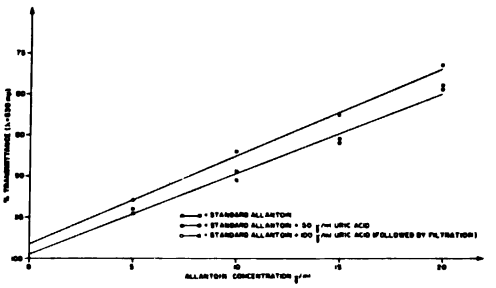


Figure 3. Influence of uric on the colorimetric determination of allantoin as used by Young and Conway (1942).

there is a major interference by allantoin, particularly if the concentration of uric acid is low. With Young and Conway's (1942) method it is possible to measure allantoin in the presence of uric at concentrations less than 100 μg/ml (Fig. 3).

Recoveries of uric acid and allantoin added to lithium carbonate extracts of frass indicate the sensitivity of the method is not affected be the presence of the extract (Table II).

References

ARCHIBALD, R.M., 1957. Colorimetric measurement of uric acid. *Clin. Chem.*, 3 : 102-105.

BENEDICT, S.R. and E. FRANKE, 1922. A method for the determination of uric acid in urine. *J. biol. Chem.*, 52 : 387-391.

BHAATTACHARYA, A.K. and G.P. WALDBAUER, 1969b. Faecal uric acid as an indicator in the determination of food utilization. *J. Insect Physiol.*, 15 : 1129-1135.

DICKSTEIN, S., F. BERGMANN, and M. CHAIMOVITZ, 1955. Studies on uric acid and related compounds. II. Paper chromatography of substituted xanthines and uric acids. 14th Int. Congr. pure appl. Chem., Zurich. 239-251.

EL RIDI, M.S., A. ABOUL MAGD and EL MASSEY, 1954. *Proc. pharm. Soc. Egypt, Sci. Ed.*, 36 : 71-77. *In* : Snell and Snell, 1967. Colorimetric methods of analysis, Vol. IVA. 676 p. Van Nostrand Co., Inc., Princetown, N.J.

HOFMANN, Von E., D. SCHLEE and H. REINBOTHE, 1969. Zum Vorkommen und zur Verbreitung von allantoin in Boraginaceen. *Flora*, 159 : 510-518.

NATION, F.L. and R.L. PATTON, 1961. A study of nitrogen excretion in insects. *J. Insect Physiol.*, 6: 299-308.

PHILIPPS, R.E. and A.H. BANISH, 1968. Uric acid. *In* : Manual of fluorometric clinical procedures. G.K. Turner Assoc., Inc., Palo Alto, Cal.

PHILOGÈNE, B.J.R., 1970. The influence of temperature and photoperiod on the post-embryonic development of the Swaine jack-pine sawfly, *Neodiprion swainei* Middleton (Hymenoptera : Diprionidae). Ph.D. Thesis. Univ. Wis., Madison.

RAZET, P., 1966. Les éléments terminaux du catabolisme azoté chez les insectes. *Annls biol.*, 5 : 43-73.

SELLEK, A., I. VIDAL, H.T. HERNAN E. DE CASTRO, 1969. Acido urico gre. *Revta mex. Lab. Clin.*, 21 : 1

SMIRNOFF, W.A. and B.J.R. PHILOGÈ The accumulation of uric acid in the of sawflies and its detection. *Can. E* 69-74.

TOJO, S., and C. HIRANO, 1966. An method for determination of uric a sects. *J. Insect Physiol.*, 12 : 146

YOUNG, G.E. and C.F. CONWAY, 194 Chem., 142 : 839-853. *In* : Snell a 1967. Colorimetric methods of anal IV.A. 676 p. Van Nostrand Co., Inc town, N.J.

Naturaliste can., 100 : 123-163 (1973).

CONTRIBUTION À LA PÉDOLOGIE DE LA ZONE HÉMI-ARCTIQUE : RÉGION DE POSTE-DE-LA-BALEINE, NOUVEAU-QUÉBEC

Serge PAYETTE

Centre d'études nordiques et Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec

Résumé

Les principales formations pédologiques de la région de Poste-de-la-Baleine sont décrites. Sur matériel sableux bien drainé, on note l'existence d'une chronoséquence pédogénétique reliée au relèvement postglaciaire et à la récession de la mer de Tyrrell. Cette chronoséquence comprend des séries peu évoluées, représentées par des régosols orthiques, des séries moyennement évoluées appartenant aux brunisols dystriques dégradés, ainsi que des séries comprenant des podzols. Le gradient pédogénétique est souligné par des valeurs croissantes d'oxydes de fer et d'aluminium libres et de capacité d'échange cationique dépendante du pH. L'action éolienne détermine des arrêts et des reprises de la pédogenèse ; elle module l'évolution des séries littorales et a influencé plus ou moins intensément dans un passé récent la formation des séries de l'intérieur. Les sols se différencient aussi par un patron de drainage associé à la topographie des terrasses. On note la présence des podzols dans des stations bien pourvues en eau, alors que dans des conditions de meilleur drainage, seuls les régosols et les brunisols se développent. Il semble que la région étudiée se situe non loin de la limite septentrionale des podzols canadiens. Sur matériel meuble mal drainé, les gleysols et les fibrisols dominent. Les fibrisols cryiques sont associés aux champs de palses. Sur matériel rocheux, le développement des sols est fonction de la topographie, du drainage et de la lithologie. Les lithosols et les régosols lithiques sur assise granitique s'étendent sur une plus grande surface que les sols lithiques formés sur assise dolomitique. Ces derniers sont soumis plus fortement à la gélifraction. Dans le territoire étudié, soit une superficie de 100 km^2, l'importance spatiale des grands groupes pédologiques suit la séquence décroissante suivante : lithosols, régosols lithiques et orthiques, brunisols et fibrisols, gleysols et podzols.

Abstract

Principal soil formations of Poste-de-la-Baleine area are described. On well-drained sandy material, a pedogenic chronosequence related to post-glacial rebound and Tyrrell Sea recession is observed. Orthic regosols, degraded dystric brunisols and podzols characterize the soil series chronosequence. The pedogenic gradient is illustrated by increasing quantities of free iron and aluminium oxides and by pH- dependent cationic exchange capacity. Eolian influence causes interruptions of pedogenetic processes ; it disturbs littoral soils evolution and had a pronounced effect in a recent past on the development of hinterland soil series. Soils are also differentiated within a drainage pattern associated to terraces topography. Podzols are situated in well water-supplied stations, whereas regosols and brunisols are formed on better drainage conditions. The studied area seems to be located not far from the northern limit of canadian podzols. On imperfectly drained surficial material, gleysols and fibrisols are dominant. Cryic fibrisols are associated with palsa bogs. On rocky material, soil formation is mainly influenced by topography, drainage and lithology. Lithosols and lithic regosols on granitic bed-

rock cover a large area than lithic soils developed on dolomitic bedrock. The latter are intensively submitted to gelifraction. Within the area under investigation, which extends on 100 km^2, spatial dominance of great soil groups is in the following decreasing sequence : lithosols, lithic and orthic regosols, brunisols and fibrisols, gleysols and podzols.

Introduction

Les sols de la zone hémi-arctique (Rousseau, 1952) située dans la péninsule du Québec-Labrador sont peu connus. En dehors de la reconnaisance pédologique effectuée par Lajoie (1954) dans la région de Fort-Chimo, environ cinquante kilomètres au sud de la limite arctique de la forêt naturelle (*sensu*

Figure 1. Localisation de Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec.

Hustich, 1966), aucune étude de sols n'a été publiée à notre connaissance. La situation est différente au niveau plus général de la zone coniférienne circumboréale. Jauhiainen (1969) a décrit les sols bien drainés de la Laponie, de la Finlande centrale et de la Pologne septentrionale. Day (1968) a publié une carte des sols de la région du Haut-Mackenzie, à proximité du Grand lac des Esclaves. Une synthèse des connaissances sur les sols des régions subarctiques a été récemment effectuée par Tedrow (1970).

Le but du présent travail est de fournir une connaissance pédologique générale d'une région située dans la partie occidentale de l'hémi-arctique québécois. La recherche a été conduite dans la région de Poste-de-la-Baleine (anciennement Great Whale River), sur la côte de la baie d'Hudson (fig. 1). Cette région se situe à environ deux cent cinquante kilomètres au sud de la limite arctique de la forêt (*sensu* Payette, en prép.). Le territoire étudié couvre une superficie de 100 km^2.

Méthodes

La reconnaissance, l'échantillonnage et la cartographie des sols ont été réalisés au cours de l'été 1969. Une revue critique des unités taxonomiques et cartographiques a été faite sur le terrain pendant deux semaines, en juin 1970, avec la collaboration de M. J.C.F. Tedrow, professeur de pédologie de Rutgers University, New Jersey.

Les unités taxonomiques sont définies en fonction du système canadien de classification des sols (N.S.S.C.C., 1968). Les photographies aériennes à l'échelle de 1/31680 ont servi de documents de base pour la cartographie. Nous présentons dans ce travail une carte des sols de la région (fig. 2).

Les analyses de sols ont été faites au laboratoire du Département des sols de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval, Québec. Les échantillons ont été prélevés en tenant compte de la morphologie des profils de sols. Après séchage à l'air, les échantillons sont tamisés pour exclure les fractions supérieures à 2 mm de diamètre. Les proportions des diverses fractions de sables : très grossier, moyen, fin et très fin sont estimées par différence de poids à partir d'un échantillon de 100 g. Le pourcentage de limon et d'argile, ainsi que de sable total, est obtenu par la méthode densimétrique de Bouyoucos.

Le régime nutritif des horizons organiques est estimé en utilisant les méthodes suivantes. La quantité de matière organique est mesurée par la méthode de Walkley-Black telle que présentée par Atkinson *et al.* (1958). La capacité d'échange cationique (CEC) des sols est obtenue après extraction des cations à l'aide de l'acétate d'ammonium 1N. Les quantités de Ca, Mg, Mn et Fe échangeables sont estimées au moyen du spectrophotomètre à absorption atomique, les ions K et Na échangeables par spectrophotométrie d'émission. L'hydrogène échangeable est mesuré par un potentiomètre Beckman après ajustement à pH 7.0, en utilisant une solution de NH_4OH 0.1N. Tous les résultats sont présentés en milliéquivalents par 100 g de sol (m.e/100 g). L'analyse et les calculs sont basés sur le poids des échantillons. Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode de verre en constituant un mélange sol-eau distillée variant dans les proportions de 1:2 à 1:7.

Les propriétés pédogénétiques des profils de sols étudiés sont mesurées par

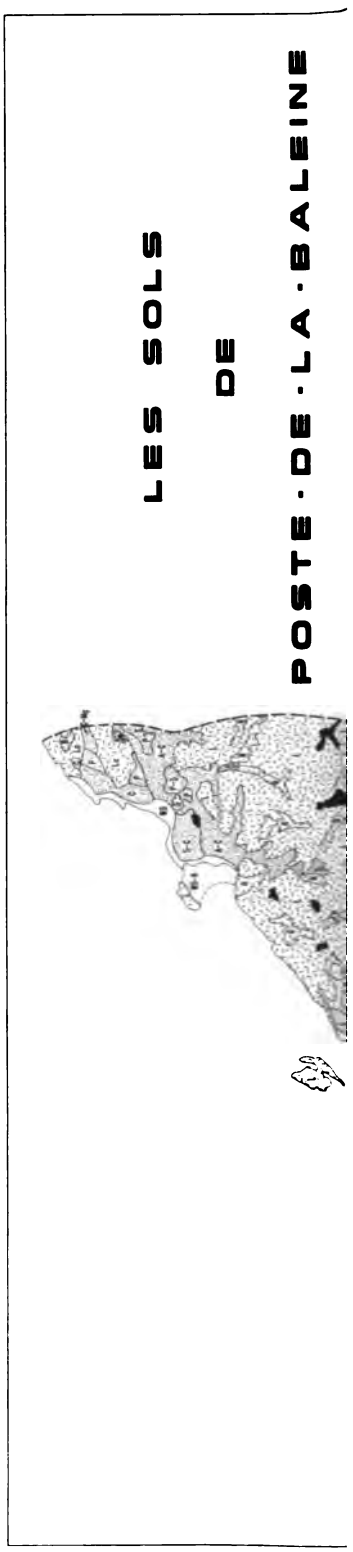
les méthodes suivantes. En plus du pH-eau distillée, le pH du sol est déterminé en employant une solution de $CaCl_2$ 0.01M (Clark, 1965). Les cations échangeables (Ca, Mg, Al) sont extraits au moyen d'une solution de NaCl 2N (Clark, 1965 ; Clark *et al.*, 1966). Une solution extractive de $Ca(OAc)_2 + CaCl_2$ à pH 7.0 est employée dans la détermination de la CEC dépendante du pH des horizons B et C. Les extraits de fer et d'aluminium libres sont obtenus en utilisant le réactif de Mehra-Jackson (dithionite), l'oxalate d'ammonium (McKeague et Day, 1966) et le pyrophosphate (McKeague, 1967).

Le cadre géographique de la formation des sols

GÉOLOGIE ET DÉPÔTS DE SURFACE

Le territoire de Poste-de-la-Baleine fait partie d'une grande et basse plate-forme précambrienne s'inclinant légèrement vers la baie d'Hudson. Des cuestas de dolomie protérozoique (fig. 3) couvrent une faible superficie dans la section nord-ouest du territoire étudié. L'ensemble de l'aire myriamétrique est dominé par une formation de granite gris (fig. 4) datant du précambrien inférieur (Biron, comm. verb.).

La surface des formations granitiques est fortement faillée et diaclasée. Elle est le plus souvent ordonnée sous forme de collines de sens est-ouest et séparées par des vallées relativement étroites et peu encaissées. Une pseudostratification est observée dans les collines granitiques. La majorité de ces dernières constituent des terrains dénudés, alors que les dépressions et les vallées sont colmatées par des sédiments et des colluvions. Faisant suite à la déglaciation, il y a approximativement 8 000 ans BP (Craig, 1969), la transgression marine, connue



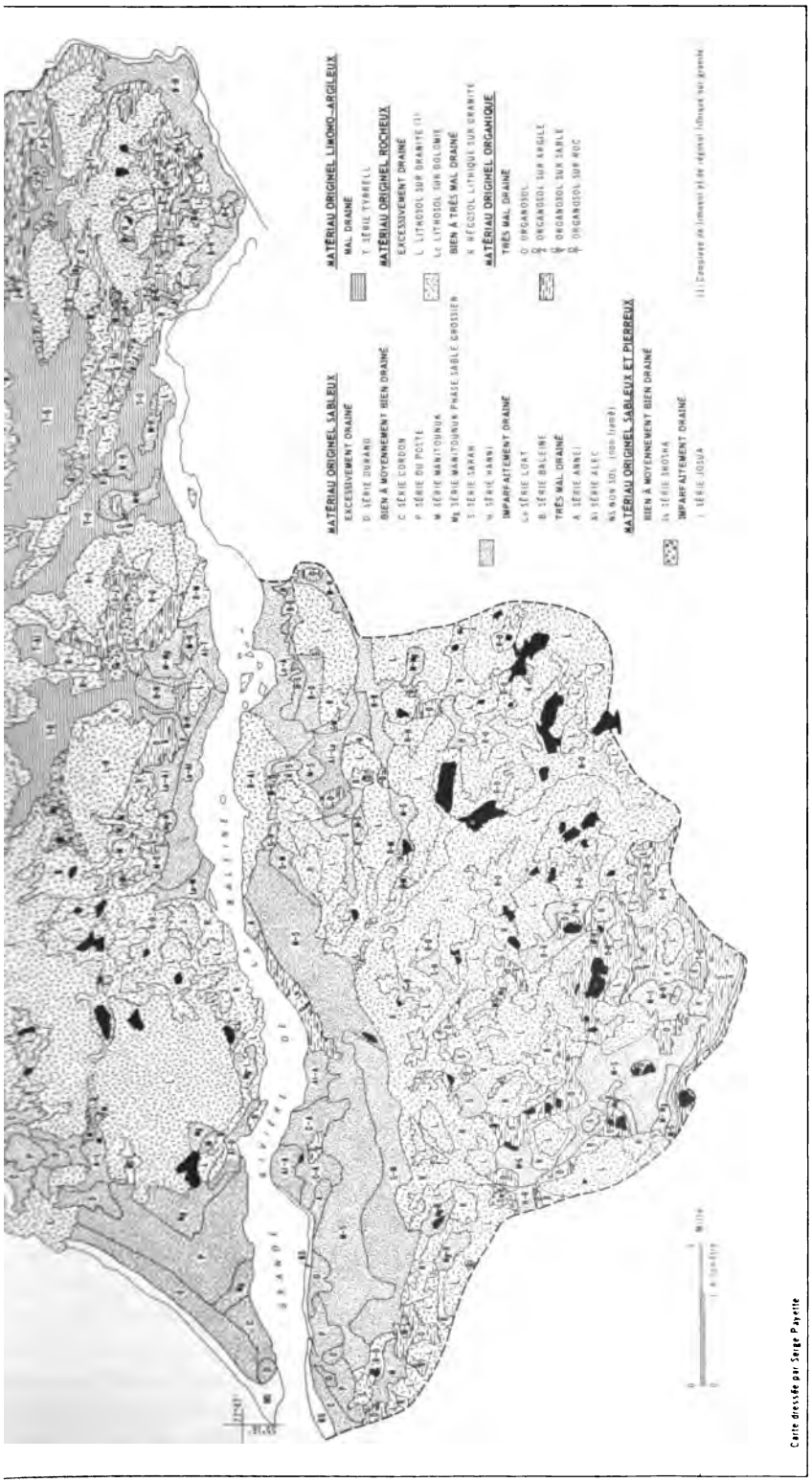


Figure 2. Carte des sols de Poste-de-la-Baleine.

Figure 3. Cuesta de dolomie protérozoïque ; à l'arrière-plan les marges de la plate-forme laurentidienne.

Figure 4. Plate-forme laurentidienne ; paysage hémi-arctique ; dominance des lithosols et des régosols lithiques.

sous le nom de mer de Tyrrell (Lee, 1960), a déterminé la distribution générale des dépôts de surface. Toute la région étudiée a été soumise sans exception à la submersion marine. Selon Andrews (1969) et Craig (1969), la submergence marine se situait bien au-delà de la cote de 250 m au-dessus du niveau actuel de la mer. La plus haute colline de la région atteint 235 m.

Les affleurements composent un des principaux traits du paysage. Les sédiments fluviatiles et marins recouvrent une superficie relativement grande et sont principalement localisés dans les grandes vallées de la région : Grande rivière de la Baleine, rivière du CEN, rivière aux Vases, etc., et près du littoral hudsonien. Les argiles marines se localisent surtout dans l'hinterland, où les vallées sont relativement larges. Ces dernières sont adjacentes à la vallée de la Grande rivière de la Baleine. Les sédiments argileux peuvent être recouverts par des dépôts de tourbe. Les champs de palses y occupent un espace important. Les dépôts grossiers tels que les sables ne sont pas uniformément distribués, mais ils sont abondants dans les principales vallées et sur la côte de la baie d'Hudson. Les graviers ont une distribution localisée notamment dans la section orientale de la région ; ils sont pratiquement toujours associés à des matériaux sableux et loameux.

Selon Kranck (1951), il semble que les sédiments sableux de Poste-de-la-Baleine supportent les plus importantes formations dunaires de la côte orientale de la baie d'Hudson. Les dunes paraboliques occupent un espace peu négligeable près de la zone littorale. Des terrasses de sable sont bien individualisées sur la rive sud de la Grande rivière de la Baleine. Ces dernières montrent plusieurs signes d'érosion et d'accumulation éoliennes : dunes, caoudeyres, dépôts nivéo-éoliens, éperons, etc.

Aucune trace de tills ou de tills remaniés n'a été trouvé par l'auteur [1] ; cependant, Portmann (1971) opine que plusieurs champs de blocs constituent des dépôts de tills remaniés. Les caractéristiques générales et la distribution spatiale de ces formations suggèrent une influence glacielle prépondérante. De façon générale, elles suivent les vallées

[1] Des erratiques (tills rocheux) ont récemment été trouvés par l'auteur à proximité du plus haut sommet de la région (235 m). Ces matériaux semblent constituer les seuls dépôts glaciaires de la région de Poste-de-la-Baleine.

et le réseau de drainage régional. Elles se composent soit de blocs homométriques, soit de matériel hétérogène en surface et associé en profondeur à des strates de sable et de gravier. Plusieurs champs de blocs sont actuellement en formation au niveau de la mer, notamment sur les berges de la Grande rivière de la Baleine, ainsi que dans la région du golfe de Richmond. Dans cette dernière région, le flux glaciaire avait généralement une direction est-ouest. Les champs de blocs de la section orientale possèdent parfois des blocs de roche dolomitique. Ces derniers proviennent de la section occidentale où se retrouvent des formations de dolomie. Ceci suggère une direction ouest-est en relation avec l'action de transport des glaces flottantes poussées par les courants locaux.

CLIMAT

Nous référons le lecteur à l'étude exhaustive de Wilson (1968) sur le climat général de Poste-de-la-Baleine. Le climat régional est de type subarctique. La saison estivale est de courte durée. On observe une température moyenne quotidienne supérieure à 50°F (10°C) pendant une période d'environ 50 jours. Les températures moyennes des mois de juillet et août sont respectivement de 51.0°F (10.6°C) et de 51.4°F (10.8°C). L'influence thermique tamponnante de la baie d'Hudson est à l'origine de la température moyenne légèrement supérieure d'août par rapport à juillet. La température moyenne annuelle est de 24.2°F (−4.3°C) pour la période s'étendant de 1931 à 1960.

Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 680 mm. Elles atteignent un maximum de juillet à octobre et sont fonction de l'état de la surface de la baie. Sur l'ensemble des précipitations, 40% tombent sous forme nivale. Enfin, les vents ont une vitesse moyenne annuelle de 5.6 m/s. Les vents continentaux sont moins fréquents et moins violents que les vents en provenance de la baie.

VÉGÉTATION

Rousseau (1968) inclut Poste-de-la-Baleine dans la zone hémi-arctique, plus particulièrement dans la subdivision régionale du golfe de Richmond. Hare (1969) a divisé le territoire en deux parties principales, la première dénommée toundra, localisée à proximité de la baie d'Hudson, la seconde située dans l'arrière-pays, appelée toundra forestière. Hustich (1949) inclut le territoire dans l'« Ungava Forest-Tundra Section ». La présence d'épinettes blanches [*Picea glauca* (Moench) Voss] [2] près de la baie ne souligne pas l'existence d'une formation de toundra telle que proposée par Hare (1959). D'un autre côté, Maycock (1968) estime que la végétation de la partie méridionale de l'archipel des Manitounuk reflète un climat arctique. Cependant, ceci s'avère peu probable sachant que l'ensemble des Manitounuk possède des groupements d'épinettes blanches, autant sur le versant exposé aux vents dominants en provenance de la baie d'Hudson que sur le versant exposé aux vents continentaux en provenance du Nouveau-Québec.

Une cartographie et une interprétation générales des types de structures de la végétation de Poste-de-la-Baleine peuvent être trouvées dans le travail de Payette

---

[2] La nomenclature du Gray's Manual et de Porsild est utilisée dans le présent travail : Fernald, M.L. (1950). Gray's Manual of Botany. 8e ed., American Book Company, New York, 1632 p.

Porsild, A.E. (1964) Illustrated Flora of the Canadian Arctic Arcripelago. 2e ed., Bull. 146, Nat. Mus., Canada, 281 p.

et Gauthier (1972). Sur les affleurements granitiques, les arbustes, les herbacées et les formations muscinales dominent ; quelques épinettes rabougries [épinette blanche et épinette noire – *Picea mariana* (Mill.) BSP.] apparaissent sporadiquement avec le mélèze [*Larix laricina* (Du-Roi) Koch.]. Les basses terres sont principalement colonisées par des formations arbustives et forestières. Sur matériel grossier, comme les sables de terrasse, des pessières ouvertes à lichens et des formations à lichens foliacés et fruticuleux (*Cladina* et *Cetraria*) associées au bouleau glanduleux (*Betula glandulosa* Michx) occupent la plus grande superficie. Des pessières ouvertes à épinettes blanches se retrouvent en dominance près de la zone littorale, alors que des pessières ouvertes à épinettes noires s'étendent dans l'arrière-pays. Dans les stations bien approvisionnées en eau, les forêts sont pratiquement fermées ; des muskegs dominent dans les stations très humides. Les berges de rivière sont envahies par des saules, principalement *Salix planifolia* Pursh, et des aulnes [*Alnus crispa* (Ait.) Pursh]. Ces arbustes constituent des formations très denses. Le couvert végétal des substrats sableux du littoral hudsonien est caractérisé par la présence de formations herbacées relativement basses, représentées par *Arenaria peploides* L. et *Elymus arenarius* L.

Résultats

Les principales séries de sols sont présentées sur la carte pédologique (fig. 2). L'aire myriamétrique étudiée comprend trois secteurs : le secteur des vallée de la Grande rivière de la Baleine et de la rivière du CEN et des terres littorales, le secteur des vallées de l'arrière-pays et le secteur des hautes terres.

SECTEUR DES VALLÉES DE LA GRANDE RIVIÈRE DE LA BALEINE ET DE LA RIVIÈRE DU CEN ET DES TERRES LITTORALES

Les sols de ce secteur se sont développés à partir d'un matériel originel sableux. La différenciation des profils des sols peut être vue le long de gradients associés, d'une part, à une chronoséquence pédogénétique et, d'autre part, à une caténa de drainage.

Sols de la chronoséquence

Depuis le niveau de la mer jusqu'à la partie supérieure des terrasses de sable, nous pouvons suivre le développement des sols dans le temps sous des conditions de drainage (classe 2 : N.S.S.C.C., 1968) et de topographie semblables.

L'unité cartographique NS

Cette unité ne constitue pas une série de sol, puisqu'elle représente la zone littorale sableuse sans végétation, laquelle s'étend jusqu'à la bande de plantes pionnières dominées par des plaques d'*Arenaria peploides*. Le substrat est jeune. L'érosion glacielle est importante et la surface du sol est fortement burinée par les glaces de mer au printemps. De telles conditions associées à un matériel peu cohérent expliquent l'absence de végétation et de sol.

La série Cordon (C)

Cette série de sol est adjacente à la zone infra-littorale. Elle est dominée, d'une part, par la zone à *Arenaria peploides* et, d'autre part, par la zone à *Elymus arenarius*, de loin la plus importante en superficie. Elle représente le membre le plus jeune de la chronoséquence sur matériau sableux. Elle est située ordinairement sur des cordons littoraux parallèles à la côte hudsonienne.

La pente varie généralement entre 4 et 5 degrés. Cette série fait partie de l'ordre régosolique et comprend une alternance de régosol orthique et de régosol cumulique. Des affleurements sableux apparaissent de façon sporadique.

L'horizon organique est peu développé et est souvent représenté par une mince litière (horizon L). L'horizon C se caractérise ordinairement par un pH supérieur à 6.0. Quelques enclaves de régosol orthique calcaire se retrouvent principalement dans des baies protégées. La présence de calcaire dans ces sols est due aux coquilles de *Macoma*, d'*Hiatella* et de *Mytilus*. Le pH varie entre 7.2 et 7.4. Sur l'île Bill of Portland dans l'archipel des Manitounuk, la présence de matériel calcaire – effervescence à HCl 6% – est détectée à une profondeur de 0.75 m, sous un couvert de pessière à épinettes blanches. Les propriétés générales de la série Cordon sont rassemblées au tableau I. La description d'un profil représentatif est donnée ci-dessous.

Profondeur	*Horizon*	*Description*
1.0 – 0.0 cm	L	litière saisonnière, mince, discontinue, brûnâtre, constituée de chaumes de graminées;
0.0 cm et plus	C	sable grossier brun pâle (humide : 10YR6/3) à brun très pâle (sec : 10YR7/3), particulaire, de consistance lâche.

La série du Poste (P)

Cette série se retrouve généralement sur le même type géomorphologique que la série précédente, mais à une altitude supérieure, environ 10 m – 20 m au-dessus du niveau de la baie. La végétation est composée d'une muscinaie avec quelques plants prostrés et très sporadiques d'épinette blanche, de même que quelques colonies d'*Empetrum nigrum* L., de *Carex bigelowii* Torr. et de *Potentilla tridentata* Ait., La végétation de cette série constitue un stade pré-forestier au cours de la séquence phyto-écologique menant vers la pessière ouverte à épinettes blanches et à *Cladina alpestris* (L.) Harm.[3]. Des enclaves de la végétation appartenant à la zone précédente apparaisent localement. Les brunisols dystriques orthiques et dégradés avec phase éolienne représentent les profils de cette série. La proximité de la baie, les pertubations humaines et la consistance lâche du matériel originel favorisent une intense érosion éolienne. Les hummocks, les caoudeyres et les dunes sont associés géographiquement avec cette série de sol. Le profil brunisolique est très souvent enfoui sous une couche d'épaisseur variable de sable. Un changement spécifique du couvert végétal est asocié à la variation d'épaisseur du sable. Une mince accumulation annuelle de sable d'origine nivéo-éolienne favorise la dominance d'*Empetrum nigrum* dans les formations muscinales. L'érosion totale du profil de sol est commune dans les zones de déflation, lesquelles sont colonisées par des *Rhacomitrium*, des *Polytrichum* et des *Stereocaulon*. Ce nouveau départ de la succession végétale fait aussi partie de la séquence dynamique de la pessière ouverte à épinettes blanches et à *Cladina alpestris*. Cependant, ce dernier stade est atteint par l'intermédiaire d'un autre

[3] Nous utilisons la nomenclature de Hale et Culberson pour les espèces lichéniques : Hale, M.E., Jr., et W. Culberson (1970). A fourth checklist of the Lichens of the Continental United States and Canada. The Bryologist, vol. 73 : 499-543.

stade de consolidation où *Cladina mitis* [Sandst.] Hale & W. Culb. est l'espèce dominante. D'un autre côté, l'accumulation de sable peut atteindre facilement un mètre d'épaisseur. *Elymus arenarius* et *Tanacetum huronense* Nutt. constituent les espèces du stade pionnier, lesquelles sont ordinairement suivies par un couvert légèrement plus dense de *Carex bigelowii*. Les différences dans la colonisation végétale entre la zone de déflation et la zone de sédimentation sont une question de consistance et de granulométrie des dépôts de surface. Dans le premier cas, les sables grossiers et les gravillons sont plus stables et permettent l'invasion d'arhizophytes. D'autre part, *Elymus* peut se maintenir dans les dépôts de sable fin et moyen, grâce à ses rhizomes traçants et à ses racines profondes. Les données physiques et chimiques de la série du Poste sont présentées au tableau I. La description morphologique d'un profil représentatif est la suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
0.0 – 2.0 cm	C	sable moyen brun très pâle (humide : 10YR7/3 ; sec : 10YR8/3), particulaire, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
3.5 – 0.0 cm	Hb	mor particulaire noir (humide : 5YR2/1) à brun grisâtre foncé (sec : 10YR4/2) avec grains de sable moyen éolien, présentant un effet sel-poivre, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
0.0 – 8.0 cm	Bmb_1	sable moyen brun (humide : 10YR4/3 ; sec : 10YR5/3), particulaire, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
8.0 – 25.0 cm	Bmb_2	sable moyen brun (humide : 10YR4/3) à brun pâle (sec : 10YR6/3), particulaire, de consistance lâche, limite graduelle et horizontale ;
25.0 cm et pl.	Cb	sable moyen brun (humide : 10YR5/3) à brun très pâle (sec : 10YR7/3), particulaire, de consistance lâche.

La série Durand (D)

Cette unité pédologique caractérise les terrains dominés par des dunes paraboliques peu ou pas stabilisées. Le régosol orthique appartient à cette série. On retrouve aussi des plaques de non-sol, constituées de sable récemment remanié. La végétation se présente sous forme de couvert discontinu. Les flancs de dunes sont colonisés par *Elymus*. Sur la rive sud de la Grande rivière de la Baleine, certains flancs de dunes sont soumis à l'érosion ; on y observe la présence de tiges et de troncs morts d'épinettes blanches. Des bosquets d'épinettes blanches se retrouvent sur les flancs du côté distal (est-sud-est par exemple) et subissent un ensablement très important. Dans certaines situations, les dunes semblent progresser vers l'intérieur des forêts ouvertes, même dans des stations situées à plusieurs kilomètres de la baie. Les données analytiques sont rassemblées au tableau I. Le matériel originel possède

les mêmes caractères morphologiques que celui de la série de sol précédente.

La série Sarah (S)

Elle caractérise les surfaces éoliennes stabilisées. Elle constitue un prolongement géomorphologique et pédogénétique de la série précédente. Elle se présente ordinairement comme un ensemble topographique à surface ondulée. Les caoudeyres et les flancs de dunes stabilisés sont à pente douce, dépassant rarement 10 degrés. On inclut dans cette série certains flancs présentant la superposition de quatre profils régosoliques, parfois davantage, dont l'épaisseur est souvent inférieure à 50 centimètres (fig. 5). Cette série occupe une superficie relativement grande sur la terrasse supérieure de la rive sud, située à une altitude d'environ 30 mètres ; elle occupe une aire continue à l'est de la principale zone de déflation et s'étend jusqu'à six kilomètres de distance de la mer. Plus à l'est, la surface de la terrasse de sable se caractérise par la faible fréquence de caoudeyres et de dunes indifférenciées. La végétation de la série Sarah est représentée par la pessière ouverte à épinettes blanches et à *Cladina alpestris.* Notons la convergence entre l'aire de distribution de cette série et la distribution des pessières à épinettes blanches sur terrasse de sable. Les résultats d'analyse de sols de cette série sont donnés dans le tableau I. La morphologie générale d'un profil représentatif est la suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
1.0 – 0.0 cm	H	mor fibreux lamellaire à particulaire noir (humide : 10YR2/1) à brun grisâtre foncé (sec : 10YR4/2), avec incorporation de sable moyen éolien, de consistance ferme à lâche, limite abrupte et horizontale ;
0.0 cm et pl.	C	sable moyen brun pâle (humide : 10YR6/3) à brun très pâle (sec : 10YR7/3), particulaire, de consistance lâche.

La série Manitounuk (M)

Cette série est associée géographiquement avec la série Sarah. Le profil topographique est sensiblement le même, mais à la différence que le recouvrement de sable éolien a quelques centimètres d'épaisseur. Le polypédon est constitué de brunisol dystrique dégradé et de brunisol dystrique dégradé avec phase de sédimentation de sable éolien. Plusieurs profils intermédiaires existent entre les sols des séries Sarah et Manitounuk. Le couvert végétal est le même que dans la série précédente. Des fentes polygonales ou circulaires sont communes dans le tapis de lichens, lesquelles sont souvent occupées par des *Cladonia* en forme de coupe (*C. gonecha* (Ach.) Asah., *C. deformis* (L.) *Hoffm., C. coccifera* (L.) Willd.). Ce patron de végétation a déjà été signalé par Hustich (1950). Le *solum* est plus développé que celui de la série du Poste. Des traces de ferruginisation peuvent être décelées dans les horizons B et C. Le matériel originel se caractérise par la dominance de sable grossier. Dans la partie superficielle du *solum* le sable moyen est souvent plus abondant que le sable grossier. L'horizon organique de surface contient une quantité importante de sable éolien, comme c'est d'ailleurs le cas dans celui des séries Sarah et du Poste. Cette série est subdivisée en phase de sable moyen et de sable grossier. Les données analytiques d'un profil représentatif de la série Manitounuk et de la phase de sable grossier sont présentées au tableau I.

TABLEAU I

Données analytiques des séries du premier secteur : chronoséquence

Analyse	Série Cordon		Série Durand	Série du Poste				Série Sarah		Série Manitounuk					
	LH	C	C	H	Bm_1	Bm_2	C	H	C	FH	Aejh	Aej	Bm_1	Bm_2	C
Granulométrie															
Tamisage (%)															
sable très grossier	— —	8.02	3.24	— —	— —	— —	1.11	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	30.14
sable grossier	— —	50.98	64.65	— —	— —	— —	25.02	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	27.85
sable moyen	— —	38.72	30.82	— —	— —	— —	67.79	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	37.35
sable fin	— —	3.03	1.64	— —	— —	— —	6.50	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	4.65
sable très fin	— —	0.07	0.42	— —	— —	— —	0.17	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.03
limon et argile	— —	0.04	0.30	— —	— —	— —	0.08	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.04
Bouyoucos (%)															
sable	— —	97.40	98.00	92.90	95.80	97.30	97.30	— —	95.30	— —	— —	82.40	91.80	95.60	95.40
limon	— —	0.60	0.40	5.10	2.30	1.10	0.90	— —	2.80	— —	— —	14.30	5.60	2.80	2.80
argile	— —	2.00	1.60	2.00	1.80	1.60	1.80	— —	1.90	— —	— —	3.30	2.60	1.60	1.80
Valeurs de pédogénèse															
pH-$CaCl_2$ 0.01M	— —	7.2	6.30	4.50	4.80	5.80	5.95	3.20	5.10	3.00	3.40	3.80	4.45	5.20	5.35
Ca(m-e/100 g)	— —	0.87	0.26	3.44	0.43	0.23	0.19	2.20	0.20	— —	1.31	0.62	0.15	0.62	0.13
Mg(m-e/100 g)	— —	0.09	0.05	0.15	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	— —	0.06	0.02	0.02	0.02	0.03
Al(m-e/100 g)	— —	1.90	0.00	0.30	0.00	0.05	0.11	1.78	0.00	— —	2.67	0.78	0.11	0.00	0.00
CEC effective (Σ Ca + Mg + Al) (m-e/100 g)	— —	2.86	0.31	3.89	0.47	0.32	0.34	3.82	0.23	— —	4.04	1.42	0.28	0.64	0.16
saturation en bases (%)	— —	33.5	100	92.3	100	85.3	67.6	53.4	100	— —	33.9	45.1	60.3	100	100
CEC pH 7.0 $Ca(OAc)_2 - CaCl_2$ (m-e/100 g)	— —	— —	0.50	— —	1.56	0.68	0.37	— —	0.88	— —	— —	5.47	1.75	1.25	0.56
ΔCEC total (m-e/100 g)	— —	— —	0.19	— —	1.09	0.36	0.03	— —	0.65	— —	— —	4.05	1.47	0.61	0.40
Fe libre (%)															
pyro.	— —	0.01	0.01	— —	0.03	0.01	0.01	— —	0.03	— —	— —	0.07	0.05	0.03	0.01
oxal.	— —	0.10	0.11	— —	0.13	0.10	0.07	— —	0.09	— —	— —	0.15	0.18	0.08	0.09
dith.	— —	0.20	0.23	— —	0.24	0.26	0.20	— —	0.35	— —	— —	0.16	0.32	0.20	0.20
Al libre (%)															
pyro.	— —	trace	trace	— —	trace	trace	trace	— —	0.02	— —	— —	0.05	0.03	0.03	trace
oxal.	— —	0.12	0.12	— —	0.06	0.07	0.06	— —	0.08	— —	— —	0.09	0.10	0.10	0.08
dith.	— —	0.08	0.08	— —	0.03	0.03	0.02	— —	0.04	— —	— —	0.06	0.07	0.08	0.05
Régime nutritif															
% M.O.	14.00	0.01	0.01	4.62	0.98	0.22	0.15	9.80	0.01	43.40	5.30	1.80	0.28	0.50	0.01
Ca(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.25	— —	1.53	— —	— —	— —	— —	— —
K(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.38	— —	0.73	— —	— —	— —	— —	— —
Mg(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.49	— —	2.20	— —	— —	— —	— —	— —
Na(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.13	— —	0.27	— —	— —	— —	— —	— —
Bases totales (m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1.25	— —	4.73	— —	— —	— —	— —	— —
H(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	16.75	— —	35.28	— —	— —	— —	— —	— —
Mn(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	trace	— —	trace	— —	— —	— —	— —	— —
Fe(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.13	— —	0.99	— —	— —	— —	— —	— —
CEC(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	18.13	— —	40.10	— —	— —	— —	— —	— —
% de saturation	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	6.9	— —	11.7	— —	— —	— —	— —	

TABLEAU I (suite)

Données analytiques des séries du premier secteur : chronoséquence.

Tamisage (%)													
sable très grossier	— —	— —	— —	— —	— —	53.05	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
sable grossier	— —	— —	— —	— —	— —	31.80	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
sable moyen	— —	— —	— —	— —	— —	15.22	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
sable fin	— —	— —	— —	— —	— —	0.42	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
sable très fin	— —	— —	— —	— —	— —	0.00	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
limon et argile	— —	— —	— —	— —	— —	0.03	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Bouyoucos (%)													
sable	— —	89.80	93.60	93.40	97.80	98.20	— —	94.50	96.80	96.40	95.80	97.00	96.80
limon	— —	8.60	4.60	4.80	0.40	0.20	— —	3.10	1.40	1.60	0.40	1.40	0.40
argile	— —	1.60	1.80	1.80	1.80	1.60	— —	2.40	1.80	2.00	3.80	1.60	2.80
Valeurs de pédogénèse													
pH-$CaCl_2$0.01M	3.20	3.80	4.65	5.00	5.40	5.60	2.75	4.50	4.60	4.30	4.40	4.80	3.90
Ca(m-e/100 g)	2.38	3.56	0.40	0.81	0.36	0.16	9.75	0.25	0.27	0.50	0.31	0.17	1.87
Mg(m-e/100 g)	0.18	0.10	0.03	0.04	0.04	0.04	1.08	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.09
Al(m-e/100 g)	0.00	0.50	0.00	0.00	0.05	0.08	0.00	0.17	0.00	0.67	0.00	0.00	1.25
CEC effective (Σ Ca + Mg + Al) (m-e/100 g)	2.56	4.16	0.43	0.85	0.45	0.30	10.83	0.43	0.29	1.19	0.33	0.19	3.21
saturation en bases (%)	100	87.9	100	100	88.8	73.3	100	60.2	100	43.6	100	100	61.0
CEC pH 7.0 $Ca(OAc)_2$ — $CaCl_2$ (m-e/100 g)	— —	— —	1.56	2.03	6.50	0.44	— —	1.00	1.50	7.13	3.25	1.38	11.25
ΔCEC total (m-e/100 g)	— —	— —	1.13	1.18	6.05	0.14	— —	0.57	1.21	5.94	2.92	1.19	8.04
Fe libre (%)													
pyro.	— —	— —	0.02	0.05	0.02	0.01	— —	trace	0.06	0.12	0.07	0.03	0.02
oxal.	— —	— —	0.09	0.19	0.11	0.10	— —	0.02	0.12	0.20	0.12	0.09	0.07
dith.	— —	— —	0.28	0.33	0.23	0.19	— —	0.06	0.16	0.24	0.17	0.47	0.13
Al libre (%)													
pyro.	— —	— —	trace	0.04	0.02	trace	— —	trace	0.02	0.30	0.12	0.06	0.02
oxal.	— —	— —	0.06	0.11	0.10	0.08	— —	0.03	0.06	0.40	0.16	0.13	0.09
dith.	— —	— —	0.04	0.08	0.05	0.05	— —	0.02	0.05	0.31	0.15	0.09	0.05
Régime nutritif													
% M.O.	14.35	8.10	0.12	1.12	0.29	0.01	72.31	0.29	0.30	1.69	0.70	0.60	0.21
Ca(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1.01	— —	— —	— —	— —	— —	— —
K(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	2.01	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Mg(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	5.99	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Na(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.84	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Bases totales (m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	9.85	— —	— —	— —	— —	— —	— —
H(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	75.00	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Mn(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.02	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Fe(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	trace	— —	— —	— —	— —	— —	— —
CEC(m-e/100 g)	— —	— —	— —	— —	— —	— —	84.87	— —	— —	— —	— —	— —	— —
% de saturation							11.6	— —	— —	— —	— —	— —	— —

Profondeur	*Horizon*	*Description*
1.0 / 0.0 cm	FH	mor fibreux lamellaire noir (humide : 5YR2/1) à brun rougeâtre foncé (sec : 5YR2/2), avec incorporation de sable moyen éolien, de consistance ferme, limite abrupte et horizontale ;
0.0 – 2.0 cm	Aejh	sable loameux brun grisâtre (humide : 10YR5/2) à gris pâle (sec : 10YR7/2), humifère, noir (humide : 10YR2/1) à brun gris très foncé (sec : 10YR3/2), particulaire, de consistance ferme, limite abrupte et horizontale ;
2.0 – 3.0 cm	Aej	sable loameux brun gris très foncé (humide : 10YR3/2) à brun grisâtre (sec : 10YR5/2:, discontinu, particulaire, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
3.0 – 6.0 cm	Bm_1	sable moyen et grossier brun foncé (humide : 10YR4/3) à jaune brunâtre (sec : 10YR6/6), particulaire, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
6.0 – 27.0 cm	Bm_2	sable moyen et grossier brun foncé (humide : 10YR3/3) à brun jaunâtre (sec : 10YR5/4), parfois traces linéaires de ferruginisation, particulaire, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
27.0 cm et pl.	C	sable moyen et grossier brun jaune pâle (humide : 10YR6/4) à brun très pâle (sec : 10YR7/3), parfois traces linéaires de ferruginisation, particulaire, de consistance lâche.

Figure 5. La série Sarah : présence de deux séquences pédogénétiques ; régosols orthiques d'origine éolienne.

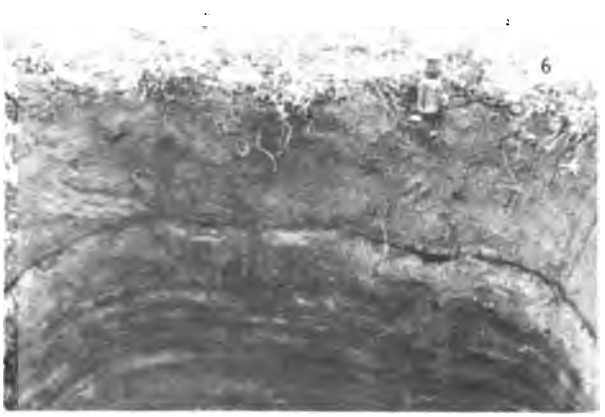


Figure 6. La série Hanni avec couverture récente de sable éolien. Noter les ferruginisations stratiformes et en plaques.

La série Hanni (H)

Les sols de cette série sont situés approximativement à la même altitude que les sols des deux séries précédentes. La végétation dominante est constituée par une pessière ouverte à épinettes noires et à *Cladina alpestris.* L'érosion éolienne est faible dans l'aire de distribution de cette série. Le profil de sol est représenté par un brunisol dystrique dégradé différant de celui de la série Manitounuk par un horizon FH plus épais et un horizon Ae plus développé. On retrouve des profils enfouis par le sable d'origine éolienne (fig. 6). De plus, les signes de ferruginisation sont plus accentués que dans les profils des séries précédentes. Les formations ferruginisées peuvent constituer des plaques imperméables et contribuent à ralentir le drainage des eaux de percolation. De telles formations se localisent dans des milieux où le drainage latéral joue un rôle important. Cependant, les sols de cette série se développent ordinairement sur des surfaces topographiques relativement planes. Les sols sont souvent traversés par des sillons de polygones de gel. L'absence de ces microformes à la surface des séries précédentes peut être attribuée à l'action de l'érosion éolienne. Cette série occupe surtout la section orientale de la région étudiée. Les données physiques et chimiques sont rassemblées dans le tableau I. Nous présentons ci-dessous la description d'un profil caractérisé par la présence de ferruginisation.

Profondeur	*Horizon*	*Description*
7.0 – 0.0 cm	FH	mor fibreux noir (humide : 5YR2/1), à brun rouge foncé (sec : 5YR2/2), de consistance ferme, se terminant en profondeur sous forme de Aejh sporadique, limite abrupte et horizontale ;
0.0 – 7.0 cm	Ae	sable fin et moyen gris (humide: 10YR5/1) à gris pâle (sec : 10YR7/1) particulaire, de consistance lâche, limite graduelle et horizontale ;
7.0 – 18.0 cm	ABg	sable fin et moyen brun (humide : 10YR4/3) à brun jaune pâle (sec : 10YR6/4), particulaire, pseudogley ou légèrement gleyifié, de consistance lâche, se présentant sous forme de poches variant de 3.5 cm × 4 cm à 10 cm × 11 cm dans les horizons sous-jacents, mosaïque, limite graduelle et discontinue ;
19.0 – 23.0 cm	Bm_1cc	sable fin et moyen brun rouge foncé (humide : 5YR2/2 ; sec : 5YR3/4), de structure polyédrique angulaire et subangulaire, de consistance très ferme, induré, se présentant soit sous forme de filets ou lamelles, ou de cercles (3 cm × 4 cm) dans les horizons sous-jacents, mosaïque, limite abrupte et discontinue ;
23.0 – 37.0 cm	Bm_2	sable fin et moyen brun rouge foncé (humide : 5YR3/4) à brun jaune foncé (sec : 10YR4/4), de structure particulaire à gra-

Profondeur	*Horizon*	*Description*
		nulaire, pseudogley, de consistance ferme, limite graduelle et horizontale ;
37.0 – 42.0 cm	Bm_3	sable fin et moyen brun foncé (humide : 10YR3/3) à brun jaune foncé (sec : 10YR4/4), de structure légèrement polyédrique subangulaire, pseudogley, de consistance ferme, limite graduelle et horizontale ;
42.0 cm et pl.	C	sable fin et moyen brun (humide : 10YR5/3) à brun jaune pâle (sec : 10YR6/4), particulaire, de consistance lâche.

Sols de la caténa de drainage

Des berges de la rivière jusqu'à la zone de contact entre les terrasses sableuses et les hautes terres, la différenciation des sols varie grandement en fonction des conditions de drainage. Le patron de drainage est fonction de la topographie des terrasses et du type de zone de contact terrasses-collines granitiques. Des profils topographiques transversaux illustrent la distribution des classes de drainage (fig. 7). Le matériel originel des sols des terrasses inférieures est un loam sableux, alors que sur les terrasses supérieures le sable prédomine. Les séries de sols précédentes sont caractérisées par un bon drainage (classe 2). Les affleurements et les régosols sur crêtes de dunes et sur les rebords de terrasse sont localisés sur un matériel excessivement bien drainé (classe 1). Les terrains imparfaitement ou très mal drainés se retrouvent principalement dans les zones de con et les terrasses inférieures.

La série Annei (A)

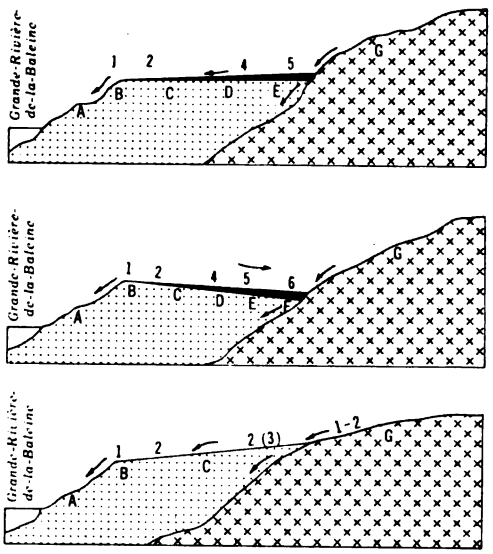
Cette série se retrouve près du litt de la baie d'Hudson et est associée séries Cordon et du Poste. Elle ap raît aussi avec la série Alec (voir p loin), le long de la Grande rivière d Baleine. Le profil de sol correspond régosol orthique gleyifié (classe de c nage 5). La pente varie entre 0 et 3 grés. La végétation est représentée des arbustaies dominées par les ge *Salix, Alnus* et *Betula*. Les *Carex* et q ques graminées (*Calamagrostis, I* etc.) forment une strate herbacée im tante. Les épinettes constituent à cert endroits des peuplements denses. données analytiques sont présentées tableau II. La morphologie générale profil représentatif de cette série de est la suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
10.0 – 0.0 cm	FH	mor fibreux lamellaire noir (humide : 10YR2/1) à brun très foncé (sec : 10YR2/2), rhizomateux, de consistance ferme, limite abrupte et horizontale ;
0.0 cm et pl.	Cg	sable moyen gleyifié brun jaune pâle (humide : 2.5Y6/4) à jaune pâle (sec : 2.5Y7/4), mais coloration variable avec quelques mouchetures, nappe phréatique à environ 30–50 cm au cours de la saison de végétation, particulaire, de consistance lâche.

TABLEAU II

Données analytiques des séries du premier secteur : caténa de drainage.

Analyse	Série Annei		Série Alec				Série Loat						Série Baleine							
	H	Cg	H	Bg_1	Bg_2	Cg	FH	Aeg	Bmg_1	Bmg_2	BCg	Cg	FH	Ae	ABg	Bfc	Bmg	IIBmg	$IICg_1$	$IICg_2$
Granulométrie																				
Tamisage (%)																				
sable très grossier	——	1.21	——	——	——	3.65	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	1.42
sable grossier	——	28.04	——	——	——	5.02	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	1.88
sable moyen	——	60.63	——	——	——	6.34	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	3.30
sable fin	——	8.02	——	——	——	40.65	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	49.32
sable très fin	——	1.07	——	——	——	32.09	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	27.30
limon et argile	——	2.20	——	——	——	12.92	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	18.56
Bouyoucos (%)																				
sable	——	94.60	——	66.60	56.40	75.40	——	66.20	66.90	52.80	63.20	59.80	——	90.80	91.80	89.40	89.60	74.80	74.50	79.80
limon	——	4.20	——	27.60	41.00	18.60	——	27.00	28.90	41.40	31.40	34.40	——	6.40	5.40	6.40	8.40	21.40	21.70	18.40
argile	——	1.20	——	5.80	2.60	6.00	——	6.80	4.30	5.80	5.40	5.80	——	2.80	2.80	4.20	2.00	3.80	3.80	1.80
Valeurs de pédogénèse																				
pH.$CaCl_2$ 0.01M	4.80	5.80	4.00	4.35	5.25	5.60	3.60	4.10	4.00	4.10	4.40	4.70	3.20	4.25	4.20	4.10	4.00	4.40	4.85	5.40
Ca(m·e/100 g)	——	0.32	——	0.60	0.25	0.91	——	0.58	0.52	0.68	0.40	0.55	——	1.00	1.03	1.75	0.56	0.20	0.27	0.85
Mg(m·e/100 g)	——	0.08	——	0.05	0.02	0.08	——	0.02	0.02	0.03	0.03	0.07	——	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.05
Al(m·e/100 g)	——	0.00	——	0.67	0.00	0.00	——	0.00	0.92	0.97	0 39	0.05	——	0.00	0.22	2.11	0.78	0.00	0.00	0.00
CEC effective (ΣCa + Mg + Al) (m·e/100 g)	——	0.40	——	1.32	0.27	0.99	——	0.60	1.46	1.68	0.82	0.67	——	1.02	1.28	3.89	1.37	0.22	0.30	0.90
saturation en bases (%)	——	100	——	49.2	100	100	——	100	36.9	42.3	52.9	92.0	——	100	82.8	45.7	43.0	100	100	100
CEC pH 7.0 $Ca(OAc)_2$ — $CaCl_2$ (m·e/100 g)	——	——	——	4.16	1.06	2.00	——	2.70	6.79	6.87	1.87	2.62	——	2.03	2.97	16.88	8.60	0.23	1.25	0.94
ΔCEC total (m.e/100 g)	——	——	——	2.84	0.79	1.01	——	2.10	5.33	5.19	1.05	1.95	——	1.01	1.69	12.99	7.23	0.01	0.95	0.04
Fe libre (%)																				
pyro.	——	——	——	0.15	0.03	0.03	——	0.03	0.39	0.22	0.09	0.09	——	0.02	0.05	0.33	0.30	0.29	0.11	0.05
oxal.	——	——	——	0.31	0.25	0.21	——	0.05	0.70	0.46	0.19	0.21	——	0.04	0.10	1.30	0.55	0.50	0.19	0.18
dith.	——	——	——	0.48	0.43	0.29	——	0.14	0.70	0.59	0.33	0.43	——	0.06	0.18	1.26	0.55	0.61	0.30	0.25
Al libre (%)																				
pyro.	——	——	——	0.05	trace	trace	——	trace	0.10	0.09	0.03	0.03	——	trace	0.02	0.29	0.17	0.06	0.07	0.03
oxal.	——	——	——	0.05	0.03	0.03	——	0.04	0.12	0.12	0.06	0.07	——	0.03	0.05	0.34	0.21	0.08	0.09	0.08
dith.	——	——	——	0.05	0.02	0.02	——	0.02	0.12	0.09	0.03	0.04	——	0.01	0.04	0.30	0.17	0.09	0.07	0.06
Régime nutritif																				
% M.O.	54.30	0.01	37.95	0.98	0.22	0.36	70.93	1.55	1.62	1.48	0.43	0.36	76.59	0.77	0.77	4.19	1.88	0.34	0.30	0.29
Ca(m·e/100 g)	10.00	——	5.63	——	——	——	7.92	——	——	——	——	——	6.88	——	——	——	——	——	——	——
K(m·e/100 g)	1.05	——	0.47	——	——	——	2.15	——	——	——	——	——	1.83	——	——	——	——	——	——	——
Mg(m·e/100 g)	9.22	——	2.89	——	——	——	7.72	——	——	——	——	——	5.53	——	——	——	——	——	——	——
Na(m·e/100 g)	0.79	——	0.40	——	——	——	0.54	——	——	——	——	——	0.44	——	——	——	——	——	——	——
Bases totales (m·e/100 g)	21.06	——	9.39	——	——	——	18.33	——	——	——	——	——	14.68	——	——	——	——	——	——	——
H(m·e/100 g)	93.70	——	44.15	——	——	——	75.50	——	——	——	——	——	80.00	——	——	——	——	——	——	——
Mn(m·e/100 g)	trace	——	trace	——	——	——	trace	——	——	——	——	——	0.15	——	——	——	——	——	——	——
Fe(m·e/100 g)	trace	——	0.65	——	——	——	trace	——	——	——	——	——	0.05	——	——	——	——	——	——	——
CEC(m·e/100 g)	114.76	——	54.19	——	——	——	93.83	——	——	——	——	——	94.88	——	——	——	——	——	——	——
% de saturation	18.3	——	17.3	——	——	——	19.5	——	——	——	——	——	15.4	——	——	——	——	——	——	——



1 → 6: Classes de drainage
A - Séries Alec et Loat
B - Série Durand
C - Séries Sarah et Manitounuk
D - Séries Hanni et Baleine
E - Série Baleine et organosol
F - Organosol
G - Lithosols et régosols lithiques

Figure 7. Profils transversaux des terrasses de sable et position topographique des classes de drainage et des séries de sols.

La série Alec (Al)

Cette série est distribuée sporadi ment le long de la vallée de la Gra rivière de la Baleine, à quelques mè au-dessus du niveau du fleuve. La t graphie est généralement plane et la face du sol présente une inclina générale de 0 à 3 degrés. Le mat originel est un loam sableux. Sur la sud du fleuve, elle forme un comp avec la série Annei et les mares. stations de cette partie du territoire morcelées à cause des glissements terrain. Un des profils représentatifs un gleysol orthique (classe de drair 5) ; des gleysols éluviés et des régo sont associés géographiquement aux g sols orthiques de cette série. La v tation est dominée par *Alnus cri Betula glandulosa* et *Salix planif Alnus rugosa* (DuRoi) Spreng. appa localement sur les sols de cette s notamment sur la rive nord du fle Les données analytiques sont rass blées au tableau II. L'horizonation g rale d'un profil de cette série est con suit :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
18.0 – 0.0 cm	FH	mor fibreux noir (humide : 10YR2/1) à brun foncé (sec : 10YR2/2), très rhizomateux, de consistance ferme, limite abrupte et horizontale ;
0.0 – 45.0 cm	Bg_1	loam sableux gleyifié brun et brun rouge foncé (humide : 10YR4/3 et 5YR3/4) à brun très pâle et rouge jaunâtre (sec : 10YR7/3 et 5YR4/8), de structure polyédrique, faiblement collant, avec plus que 20% de mouchetures distinctes (diam. supérieur à 15 mm), nappe phréatique en surface au printemps et fluctuations fréquentes au cours de la saison de végétation, limite diffuse et irrégulière ;
45.0 – 75.0 cm	Bg_2	loam sableux gleyifié gris et rouge jaunâtre (humide : 10YR6/1 et 5YR4/8) à brun très pâle et rouge jaunâtre (sec : 10YR7/3 et 5YR5/8), de structure polyédrique, très collant, avec plus que 20% de mouche-

Profondeur	*Horizon*	*Description*
		tures distinctes (diam. supérieur à 15 mm), fluctuations peu fréquentes de la nappe phréatique, limite diffuse et irrégulière ;
75.0 – cm et pl.	Cg	loam sableux gleyifié brun jaunâtre et gris (humide : 10YR5/6 et 5Y5/1) à jaune brunâtre et gris pâle (sec : 10YR6/6 et 5Y7/1), de structure polyédrique, très collant, avec moins que 20% de mouchetures distinctes (diam. sup. à 15 mm), fluctuations peu fréquentes de la nappe phréatique.

La série Loat (Lo)

Cette série de sol se localise au-dessous du niveau général des terrasses sableuses les plus élevées de la région. Le loam sableux Loat est un brunisol dystrique dégradé et gleyifié (classe de drainage 4). La pente varie entre 2 et 5 degrés. Les sols possèdent quelques rhizoconcrétions dans les horizons B et BC. La série Loat ne couvre pas une grande superficie et apparaît toujours en mosaïque avec des sols bien drainés (série Manitounuk, etc.) et imparfaitement drainés. Des formations arbustives dominées par *Betula glandulosa* et *Ledum groenlandicum* Oeder sont associées aux sols de cette série ; des forêts ouvertes à épinettes noires et blanches sont également retrouvées sur le loam sableux Loat. Des traces de feu caractérisent les horizons organiques de surface. Les caractères physiques et chimiques des sols de cette série sont présentés au tableau II. Un profil représentatif possède la morphologie suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
10.0 – 0.0 cm	FH	mor fibreux brun très foncé (humide : 10YR2/2) à brun grisâtre très foncé (sec : 10YR3/2), de consistance ferme, limite abrupte, bois carbonisé ;
0.0 – 3.0 cm	Aeg	loam sableux, gleyifié, brun grisâtre (humide : 10YR5/2) à gris pâle (sec : 10YR7/1), de structure faiblement polyédrique à granulaire, de consistance ferme, avec moins de 2% de mouchetures fines (diam. inférieur à 5 mm), limite abrupte et horizontale ;
3.0 – 14.0 cm	Bmg_1	loam sableux gleyifié brun et brun rougeâtre foncé (humide : 10YR5/3 et 5YR3/4) à gris pâle et brun rougeâtre (sec : 10YR7/2 et 5YR4/4), de structure polyédrique à granulaire, de consistance ferme, avec 2 à 20% de mouchetures moyennes (diam. entre 5-15 mm), limite abrupte et horizontale ;
14.0 – 29.0 cm	Bmg_2	loam sableux gleyifié brun et brun rougeâtre foncé (humide : 10YR5/3 et 5YR3/4) à gris pâle et rouge jaunâtre (sec : 10YR7/2

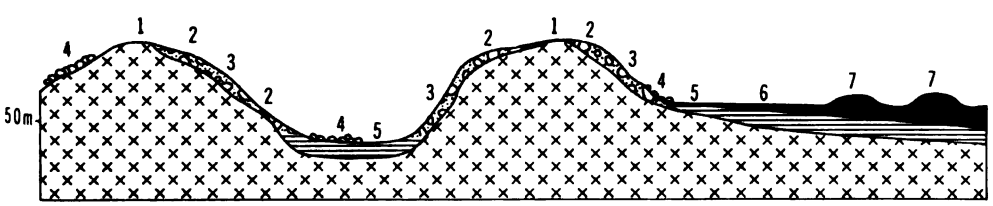
Profondeur	*Horizon*	*Description*
		et 5YR4/6), de structure polyédrique à granulaire, de consistance ferme, avec plus que 20% de mouchetures distinctes (diam. supérieur à 15 mm), limite graduelle et horizontale ;
29.0 – 69.0 cm	BCg	loam sableux gleyifié brun et rouge jaunâtre (humide : 10YR5/3 et 5YR4/8) à gris pâle et brun jaunâtre (sec : 10YR7/1 et 10YR5/6), de structure polyédrique, de consistance ferme, avec plus que 20% de mouchetures distinctes (diam. supérieur à 15 mm), limite graduelle et horizontale ;
69.0-cm et pl.	Cg	loam sableux gleyifié brun grisâtre et rouge jaunâtre (humide : 2.5Y5/2 et 5YR4/8) à gris pâle et rouge jaunâtre (sec : 5Y7/1 et 5YR5/8), de structure, polyédrique de consistance ferme, avec plus que 20% de mouchetures distinctes (diam. supérieur à 15 mm).

La série Baleine (B)

Le sable loameux Baleine (classe de drainage 4) est topographiquement situé entre les séries Manitounuk et Hanni et les tourbières. La forme de distribution de cette série varie grandement ; elle occupe souvent une mince bande de terrain près des rebords de tourbières. Elle est toujours associée avec des gleysols éluviés et des régosols gleyifiés, lesquels peuvent être considérés comme caractéristiques de cette situation écologique ; ces derniers occupent cependant une faible surface. L'horizon B spodique renferme quelques rhizoconcrétions. L'ensemble du profil est modérément gleyifié. sols de la série Baleine sont dominés un couvert forestier. Les arbres s moins dispersés que dans les stati bien drainées. Des pessières à épine noires caractérisées par un plancher d cacées (*Vaccinium* sp., *Ledum, Gaul ria,* etc.), d'*Empetrum,* et de mous (*Dicranum, Hylocomium, Pleuroziun Sphagnum)* se retrouvent sur les sols cette série. Les propriétés physiques chimiques, présentées au tableau II, socient les profils Baleine au sous-gro podzol humo-ferrique gleyifié. L'hor nation générale d'un profil représent est la suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
7.0 – 0.0 cm	FH	mor fibreux noir (humide : 10YR2/1) à brun gris très foncé (sec : 10YR3/2), avec hyphes blancs, de consistance ferme, limite abrupte et horizontale ;
0.0 – 4.0 cm	Ae	sable fin brun gris (humide : 10YR5/2) à gris pâle (sec : 10YR7/2), de structure polyédrique subangulaire, de consistance lâche à ferme, limite graduelle et horizontale ;

Profondeur	*Horizon*	*Description*
4.0 – 12.0 cm	ABg	sable fin gleyifié brun gris foncé (humide : 10YR4/2) à brun pâle (sec : 10YR6/3), de structure polyédrique subangulaire, de consistance lâche à ferme, avec moins de 2% de mouchetures peu contrastées (diam. inférieur à 5 mm), limite graduelle et horizontale ;
12.0 – 17.0 cm	Bfc	sable fin brun rouge foncé (humide: 5YR2/2 ; sec : 5YR2/2), de structure granulaire à particulaire, légèrement induré, de consistance très ferme à lâche, limite abrupte et horizontale ;
17.0 – 25.0 cm	Bmg	sable fin gleyifié brun gris très foncé humide : 10YR3/2) à brun foncé (sec : 10YR4/3), de structure granulaire à polyédrique, de consistance lâche, avec moins de 2% de mouchetures peu contrastées (diam. entre 5 et 15 mm), limite abrupte et horizontale ;
25.0 – 31.0 cm	IIBmg	sable fin loameux gleyifié brun jaune foncé (humide : 10YR4/) à brun jaune pâle (sec : 10YR6/4), de structure polyédrique subangulaire, de consistance lâche, avec moins de 2% de mouchetures peu contrastées diam. entre 5 et 15 mm), limite graduelle et horizontale ;
31.0 – 41.0 cm	$IICg_1$	sable fin loameux gleyifié brun (humide : 10YR5/3) à brun très pâle (sec : 10YR7/3), de structure polyédrique angulaire, de consistance lâche, avec 2 à 20% de mouchetures distinctes (diam. supérieur à 15 mm), limite graduelle et horizontale ;
41.0 cm et pl.	$IICg_2$	sable fin loameux gleyifié brun gris (humide : 10YR5/2) à gris pâle (sec : 10YR7/2), de structure polyédrique angulaire, de consistance lâche, avec moins de 2% de mouchetures distinctes (diam. entre 5 et 15 mm).



1 - Lithosols et régosols lithiques
2 - Série SHOSHA
3 - Série JOSUA
4 - Champs de blocs
5 - Série TYRRELL
6 - Gleysol tourbeux, régosol tourbeux et fibrisol
7 - Palses

Figure 8. Profil topographique des séries du secteur de l'arrière-pays.

Tourbières à sphaignes et éricacées

Les tourbières à sphaignes et éricacées (*Chamaedaphne* et *Ledum*) avec ilôts d'épinettes noires occupent une faible surface sur les terrasses de sable. La couche de tourbe n'est pas épaisse ; elle ne dépasse pas généralement un mètre. Nous n'avons retrouvé qu'une seule palse dans une petite tourbière de ce secteur. Les sols organiques de tourbières appartiennent aux sphagno-fibrisols.

SECTEUR DES VALLÉES DE L'ARRIÈRE-PAYS

Plusieurs séries de sol du premier secteur se retrouvent dans ce dernier ; le principal caractère géographique est la présence de larges vallées silteuses et argileuses bordées par des champs de blocs, par des sédiments hétérogènes (blocs et matériel fin) et par des affleurements granitiques. Les dépôts des fonds de vallées sont ordinairement surmontés de matériel organique et de champs de palses. En dehors des sols organiques, sphagno-fibrisols et fibrisols cryiques, trois séries de sols sont présentes dans ce secteur : Tyrrell, Josua et Shosha (fig. 8).

La série Tyrrell (T)

Cette série de sol occupe une superficie relativement grande. De façon générale, l'altitude varie entre 60 et 120 mètres. La topographie est plane et la pente varie entre 0 et 2 degrés. Le profil de sol correspond au gleysol orthique avec ou sans horizon organique tourbeux. La présence de gleysol orthique tourbeux (fig. 9) est considérée comme intermédiaire entre le fibrisol et le gleysol (classe de drainage 5). Une mince couche de sable est souvent superposée aux horizons de loam argileux et silteux. Des saulaies à *Salix planifolia* et *S. argyrocarpa* Anderss et des pessières fermées à épinettes noires et mousses (*Pleurozium* et *Hylocomium)* ressemblant à celles décrites par Hustich (1968) sont étroitement associées aux sols de cette série. Les gleysols tourbeux sont dominés par des formations arbustives et se retrouvent principalement près des rebords de tourbières. Le tableau III regroupe les données analytiques d'un profil de cette série. L'horizonation du profil est la suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
25.0 – 0.0 cm	FH	mor fibreux noir (humide : 10YR2/1) à brun très foncé (sec : 10YR2/2), avec hyphes, de consistance ferme, limite abrupte et horizontale ;
0.0 – 4.0 cm	Bg_1	loam sablo-argileux gleyifié brun, rouge jaunâtre et gris (humide : 7.5YR5/6, 5YR5/6, et 5Y6/1) à jaune rougeâtre et gris pâle (sec : 5YR6/8 et 2.5Y7/2), structure angulaire à polyédrique, de consistance faiblement plastique, avec plus que 20% de mouchetures distinctes (diam. supérieur à 15 mm), limite abrupte et horizontale ;
4.0 – 19.0 cm	Bg_2	loam argileux gleyifié brun et gris (humide : 7.5YR5/6 et 5Y5/1) à jaune rougeâtre et gris pâle (sec : 7.5YR7/6 et 5Y7/1), structure angulaire massive, de consistance plastique, avec 2 à 20% de mouchetures distinctes (diam. supérieur à 15 mm), limite graduelle et horizontale ;

Profondeur	*Horizon*	*Description*
19.0 cm et pl.	Cg	loam limoneux gleyifié gris foncé (humide : 5Y4/1) à gris pâle (sec : 5Y7/1) avec mouchetures très peu abondantes (humide : 2.5Y6/4 ; sec : 2.5Y3/4), structure angulaire massive, de consistance très plastique.

Figure 9. La série Tyrrell : gleysol orthique avec phase tourbeuse.

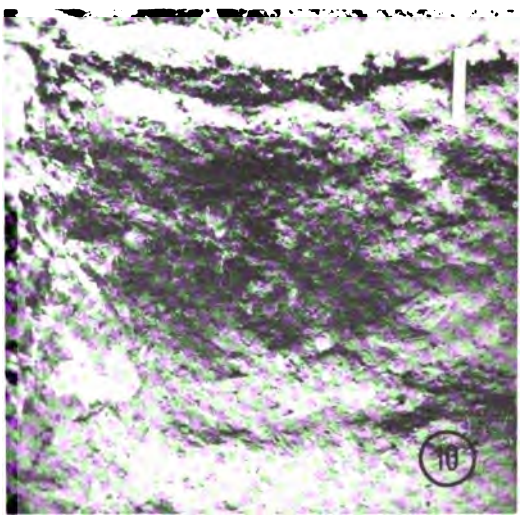


Figure 10. La série Josua : podzol humo-ferrique avec induration dans l'horizon Bf.

La série Josua (J)

Les sols de cette série sont bien développés et appartiennent au podzol humo-ferrique (fig. 10). Ils se localisent sur les flancs de vallées, à une altitude variant entre 60 et 150 mètres. La pente varie entre 2 et 6 degrés. Le profil de sol est ordinairement caractérisé par une texture hétérogène. De gros blocs sont présents en surface ; la texture est moins grossière en profondeur. Le *solum* et l'horizon C possèdent une ou plusieurs strates de granulométrie variable. Les horizons Bm sont gleyifiés, alors que l'horizon Bf est bien drainé (classe de drainage 3). Cette série est géographiquement associée à la série Manitounuk vers l'arrière-pays. La végétation est composée de pessières ouvertes à épinettes noires et à *Cladina alpestris.* Les propriétés physiques et chimiques sont présentées dans le tableau III. La morphologie du profil de sol est comme suit :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
9.0 – 0.0 cm	FH	mor graisseux noir (humide : 10YR2/1) à gris très foncé (sec : 10YR3/1) avec quelques grains de quartz et de feldspath, de consistance ferme, limite abrupte et horizontale ;
0.0 – 4.0 cm	Ae	loam sableux gris (humide : 10YR5/1) à gris pâle (sec : 10YR7/2), granulaire légè-

Profondeur	*Horizon*	*Description*
		rement friable, limite abrupte et horizontale ;
4.0 – 12.0 cm	AB	loam sableux brun et brun jaunâtre foncé (humide : 10YR4/3 et 10YR4/4) à brun jaunâtre pâle et brun très pâle (sec : 10YR6/4 et 10YR7/4), structure granulaire à polyédrique légèrement friable, limite graduelle et horizontale ;
12.0 – 23.0 cm	Bfc	sable loameux brun rougeâtre foncé (humide : 5YR3/3) à brun rougeâtre (sec : 5YR4/4), sous forme de lentilles ou en bande mince horizontale ou sub-horizontale selon le pendage des strates du dépôt, de structure subangulaire ou lamellaire si sous forme de lentilles ou de bandes, de consistance dure ressemblant au ortstein, limite discontinue ;
23.0 – 31.0 cm	Bmg_1	loam sableux faiblement gleyifié brun (humide : 10YR5/3 et 7.5YR4/4) à brun très pâle et jaune rougeâtre (sec : 10YR7/3 et 7.5YR6/6), sous forme de lentilles ou en bande mince horizontale ou sub-horizontale selon le pendage des strates du dépôt, de structure légèrement polyédrique, de consistance friable, limite discontinue ;
31.0 – 35.0 cm	Bmg_2	loam sableux faiblement gleyifié brun pâle et brun (humide : 10YR6/3 et 7.5YR5/4) à brun très pâle et jaune rougeâtre (sec : 10YR7/3 et 7.5YR7/6), sous forme de lentilles ou en bande mince horizontale ou sub-horizontale selon le pendage des strates du dépôt, de structure légèrement polyédrique, de consistance faiblement friable, limite discontinue ;
35.0 cm et pl.	Cg	loam sableux gleyifié brun (humide : 10YR4/3) à gris pâle (sec : 10YR7/2), de structure polyédrique, de consistance ferme.

La série Shosha (Ss)

Cette série est topographiquement située au-dessus de la série Josua. Elle appartient au brunisol dystrique orthique. Elle occupe des stations bien drainées (classes de drainage 2 et 3), sur pentes convexes et parfois abruptes, variant entre 5 et 20 degrés. L'altitude générale est approximativement la même que dans la série précédente. La série Shosha localisée sur le côté proximal des terra soumis antérieurement aux influences la mer de Tyrrell, alors que c'est le c traire pour les sols de la série Josua. profil contient des galets et des bl de toutes dimensions. Il est à noter les sols de la série Shosha se caract sent par une variabilité de texture rel ment grande ; il en est de même d

TABLEAU III

Données analytiques des séries du deuxième secteur.

Analyse	Série Tyrrell				Série Josua							Série Shosha				
	FH	Bg_1	Bg_2	Cg	FH	Ae	AB	Bfc	Bmg_1	Bmg_2	Cg	FH	Bm_1	Bm_2	C	IICg
Granulométrie																
Bouyoucos (%)																
sable	— —	28.40	27.80	22.60	— —	— —	67.60	77.80	62.00	72.80	72.80	— —	93.80	91.80	94.80	71.40
limon	— —	49.60	36.40	56.60	— —	— —	27.80	20.40	33.60	24.40	23.40	— —	3.60	5.60	3.60	16.00
argile	— —	22.00	35.80	20.80	— —	— —	4.60	1.80	4.40	2.80	3.80	— —	2.60	2.60	1.60	12.60
Valeurs de pédogénèse																
pH-$CaCl_2$ 0.01M	4.6	4.9	— —	4.0	3.10	4.30	4.30	4.15	4.45	4.65	5.10	4.10	4.80	5.00	5.60	5.05
Ca(m-e/100 g)	42.0	4.63	— —	3.50	2.50	0.30	0.29	0.56	0.20	0.75	0.14	0.59	0.38	0.30	0.26	0.75
Mg(m-e/100 g)	7.5	0.41	— —	0.29	0.09	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06
Al(m-e/100 g)	0.44	0.00	— —	0.00	2.78	0.33	0.33	0.56	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
CEC effective (m-e/100 g)	49.44	5.04	— —	3.79	5.37	0.65	0.64	1.14	0.50	0.77	0.17	0.62	0.43	0.40	0.31	0.81
saturation en bases (%)																
CEC pH 7.0 (ΣCa + Mg + Al)	99.1	100	— —	100	48.4	49.2	48.6	50.8	44.0	100.	100	100	100	87.5	100	100
$Ca(OAc)_2$ − $CaCl_2$ (m-e/100 g)	— —	— —	— —	14.37	— —	2.08	4.38	7.97	3.75	3.28	2.08	— —	2.50	3.12	1.12	6.40
ΔCEC total (m-e/100 g)	— —	— —	— —	10.58	— —	1.43	3.74	6.83	3.25	2.51	1.91	— —	2.07	2.72	0.81	5.59
Fe libre (%)																
pyro.	— —	0.47	— —	0.13	— —	0.05	0.19	0.32	0.13	0.05	0.03	0.05	0.07	0.06	0.03	0.07
oxal.	— —	1.84	— —	0.44	— —	0.15	0.37	0.58	0.25	0.18	0.15	0.11	0.23	0.16	0.13	0.14
dith.	— —	2.02	— —	0.63	— —	0.28	0.49	0.65	0.42	0.34	0.28	0.23	0.37	0.28	0.35	0.38
Al libre (%)																
pyro.	— —	0.07	— —	0.07	— —	0.02	0.12	0.35	0.10	0.07	0.02	0.08	0.07	0.11	0.05	0.07
oxal.	— —	0.12	— —	0.17	— —	0.04	0.18	0.39	0.20	0.21	0.10	0.12	0.16	0.17	0.15	0.35
dith.	— —	0.08	— —	0.09	— —	0.02	0.13	0.35	0.13	0.12	0.02	0.08	0.10	0.12	0.08	0.24
Régime nutritif																
% M.O.	47.61	2.30	— —	0.84	62.37	0.84	1.05	2.60	0.91	0.76	0.36	2.10	0.83	1.12	0.43	0.21
Ca(m-e/100 g)	25.38	— —	— —	— —	1.78	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1.69	— —	— —	— —	— —
K(m-e/100 g)	2.40	— —	— —	— —	0.34	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.26	— —	— —	— —	— —
Mg(m-e/100 g)	13.27	— —	— —	— —	0.48	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.94	— —	— —	— —	— —
Na(m-e/100 g)	0.58	— —	— —	— —	0.12	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.17	— —	— —	— —	— —
Bases totales (m-e/100 g)	41.63	— —	— —	— —	2.72	— —	— —	— —	— —	— —	— —	3.06	— —	— —	— —	— —
H(m-e/100 g)	38.40	— —	— —	— —	26.40	— —	— —	— —	— —	— —	— —	21.45	— —	— —	— —	— —
Mn(m-e/100 g)	0.25	— —	— —	— —	trace	— —	— —	— —	— —	— —	— —	trace	— —	— —	— —	— —
Fe(m-e/100 g)	0.30	— —	— —	— —	0.06	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.09	— —	— —	— —	— —
CEC(m-e/100 g)	80.58	— —	— —	— —	29.18	— —	— —	— —	— —	— —	— —	24.60	— —	— —	— —	— —
% de saturation	51.6	— —	— —	— —	9.3	— —	— —	— —	— —	— —	— —	12.4	— —	— —	— —	— —

le cas de la série Josua. Sur les croupes convexes, les profils sont soumis localement à la déflation éolienne. Des pessières ouvertes à épinettes noires et à *Cladina alpestris* couvrent les sols de cette série. Les arbres sont moins denses et les lichens sont plus importants spatialement que dans la série précédente. La présence de plusieurs espèces xérophiles est caractéristique. Les données analytiques d'un profil représentatif sont présentées au tableau III. La description morphologique de ce dernier est la suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
1.0 – 0.0 cm	FH	mor faiblement granulaire noir (humide : 10YR2/1) à brun grisâtre foncé (sec : 10YR4/2), avec quelques grains de sable grossier à très grossier (quartz et feldspath), parfois surmonté d'une séquence d'horizons LF-Aej constituée de matière organique décomposée et de sable grossier, limite abrupte et horizontale ;
0.0 – 11.0 cm	Bm_1	sable brun (humide : 10YR4/3) à brun jaunâtre foncé (sec : 10YR4/4), particulaire, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
11.0 – 22.0 cm	Bm_2	sable brun foncé (humide : 7.5YR3/2) à brun jaunâtre foncé (sec : 10YR4/4), particulaire, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
22.0 – 52.0 cm	C	sable brun (humide : 10YR4/3) à brun pâle (sec : 10YR6/3), particulaire, de consistance lâche, limite abrupte et horizontale ;
52.0 cm et pl.	IICg	loam sableux légèrement gleyifié brun grisâtre foncé (humide : 10YR4/2) à gris pâle (sec : 10YR7/1), de structure faiblement polyédrique, de consistance friable, présence de graviers et galets.

Les tourbières à palses

C'est dans ce secteur que se rencontrent les plus grands champs de palses de la région de Poste-de-la-Baleine. Hamelin et Cailleux (1969) ont décrit sommairement leur morphologie. La tourbe de surface est sèche, et par endroits, le couvert végétal lichénique est décapé. Le décapage semble lié à l'influence éolienne. Les rebords de palses sont déchiquetés et d'importants quartiers de tourbe s'effrondrent dans les mares adjacentes. Le 21 juillet 1969, la tourbe dégelée atteignait une profondeur de 70 cm. Les palses sont ceinturées par des mares et des tourbières à *Carex*. Les fibrisols cryiques constituent les sols caractéristiques des palses, où la matière organique rougeâtre est très peu décomposée.

SECTEUR DES HAUTES TERRES

Les sols des terrains granitiques occupent la plus grande superficie dans le territoire cartographié. Au contraire, les

sols formés sur calcaire dolomitique se restreignent à une très faible surface dans la partie nord-ouest de l'aire myriamétrique. L'altitude des sols varie considérablement, allant de quelques mètres au-dessus du niveau de la mer jusqu'à 235 mètres.

Sols formés sur assise granitique

Les lithosols (L)

Tout matériel granitique mis à nu est éventuellement colonisé par les lichens crustacés. Il existe peu d'espace sans végétation dans ce milieu, sauf dans le cas des arènes et des gélifracts récemment formés ainsi que dans certaines stations où le ruissellement est intense. Nous groupons dans les lithosols les affleurements granitiques, les champs de blocs, les blocs isolés, les gélifracts de toutes dimensions et les arènes périglaciaires. Le matériel originel est peu ou pas altéré pédogénétiquement ; les profils sont du type (L) (F) (H) —Cr ou R. Les *Lecidea*, les *Parmelia*, les *Rhizocarpon* (surtout *R. geographicum*), les *Umbilicariacées*, parmi les lichens importants, colonisent les stations à lithosols. Ces derniers peuvent être considérés comme des sols très jeunes, sans horizon apparent de matière organique. Ils dominent sur des formes de terrain convexes, où les eaux de drainage sont rapidement évacuées.

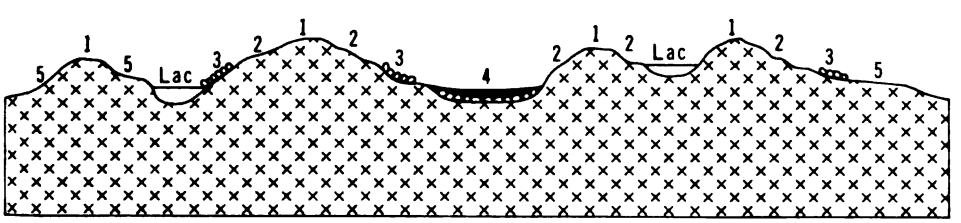
Les régosols lithiques (R) [4]

Il existe tous les intermédiaires entre les lithosols et les régosols lithiques. Ces derniers se répartissent dans un grand nombre de situations topographiques, à drainage très variable, allant des conditions xériques aux conditions excessivement humides. La figure II donne la position caténaire des différents régosols lithiques.

Les régosols xériques

Ces régosols se rencontrent dans des stations exposées aux vents et sur des terrains excessivement drainés. La pente peut atteindre 20 degrés. Ils se caractérisent par un horizon organique FH mince. Les régosols xériques sont étroitement

[4] Nous n'avons pas retenu les normes de classification du N.S.S.C.C. (1968) quant à la définition des lithosols et des régosols lithiques. Nous admettons comme régosol lithique tout profil F (H)–Cr ou R dont l'horizon organique est du type F ou H. L'épaisseur de l'horizon organique n'a pas été jugée significative au point de vue écologique, afin de faire la distinction entre lithosol et régosol lithique. Tout profil de type F(H)–Cr ou R dont l'horizon organique est inférieur à 10 cm (4") est considéré comme lithosol par le N.S.S.C.C. (1968). De plus, le facteur drainage n'est pas retenu dans le cas du sous-groupe régosol lithique, alors qu'il joue un rôle fondamental au cours du processus de pédogénèse.



1- Lithosols
2- Complexe de régosols lithiques xériques et mésiques
3- Lithosols sur champs de blocs
4- Régosols lithiques mésiques et humides
5- Régosols lithiques humides

Figure 11. Caténa de drainage : régosols lithiques sur granite.

TABLEAU IV

Données analytiques des horizons organiques des sols et dépôts minéro-organiques du troisième secteur

Analyse	*Régosol lithique xérique*	*Régosol lithique méso-xérique*	*Régosol lithique mésique*	*Régosol lithique humide*	*Régosol lithique mésique sur dolomie*	*Dépôts minéro-organiques*		
						Laquet temporaire à Hippuris vulgaris	*Lacs permanents (10m x 15m)*	*(30m x 35m)*
Régime nutritif								
% M.O.	26.10	64.80	65.10	48.30	32.30	13.60	69.30	63.30
pH-H_2O	4.10	4.30	5.00	5.80	7.20	4.90	5.10	4.90
Ca(m-e/100 g)	2.75	15.00	34.63	43.13	104.00	1.50	38.00	23.13
K(m-e/100 g)	0.44	1.27	0.66	0.33	0.28	0.12	0.22	0.18
Mg(m-e/100 g)	1.19	7.80	11.54	9.64	34.98	1.23	10.08	7.02
Na(m-e/100 g)	0.20	0.45	0.57	0.48	0.69	0.16	0.67	0.56
Bases totales (m-e/100 g)	4.58	24.52	47.40	53.60	139.95	3.00	48.97	30.89
H(m-e/100 g)	23.10	54.40	42.80	20.20	9.10	12.60	37.90	44.60
Mn(m-e/100 g)	trace	0.03	trace	0.03	0.14	trace	0.03	0.10
Fe(m-e/100 g)	0.09	0.05	0.05	0.05	trace	trace	0.03	trace
CEC(m-e/100 g)	27.77	79.00	90.25	73.88	149.19	15.60	86.93	75.59
% de saturation	16.40	31.00	52.50	72.50	93.80	19.20	56.30	40.80

associés à la distribution des lithosols. La matière organique est superposée à un horizon discontinu s'apparentant à un régolithe gravelo-sableux d'origine périglaciaire, auquel est mêlé de la matière organique assez bien décomposée. La végétation est dominée par une muscinaie arbustive basse. *Cladina alpestris, C. rangiferina, C. mitis, Empetrum nigrum, Vaccinium cespitosum* Michx, *V. vitis-idaea* L. var. *minus* Lodd. et *Potentilla tridentata* sont les espèces dominantes. La description d'un profil de sol représentatif est donnée ci-dessous et les propriétés physiques et chimiques sont présentées au tableau IV.

Profondeur	*Horizon*	*Description*
7.5 – 2.5 cm	FH	mor brun très foncé (humide : 10YR2/2) à gris très foncé (sec : 10YR3/1), fibreux, de consistance ferme, limite abrupte et horizontale ;
2.5 – 0.0 cm	H	mor noir (humide : 10YR2/1) à gris très foncé (sec : 10YR3/1), faiblement granulaire, faiblement friable, présence de sable grossier angulaire, limite abrupte ;
0.0 cm et pl.	R	roc granitique.

Les régosols méso-xériques

Ces sols diffèrent des régosols xériques par un horizon organique ordinairement plus épais. Les gélifracts ne sont pas toujours présents. La pente varie entre 3 et 10 degrés. La végétation est composée par les espèces dominantes suivantes : *Cladina alpestris, C. rangiferina, C. mitis, Diapensia lapponica L., Empetrum nigrum, Vaccinium vitis-idaea* var. *minus, Ledum decumbens* (Ait.) Lodd., *Betula glandulosa, Carex bigelowii* et *Dicranum* sp.. Les données analytiques sont présentées au tableau IV. Un profil représentatif de régosol méso-xérique possède l'horizonation suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
10.0 – 0.0 cm	FH	mor brun très foncé (humide : 10YR2/2) à gris très foncé (sec : 10YR3/1), fibreux, de consistance très ferme, présence de quelques gravillons à la base de l'horizon organique, limite abrupte ;
0.0 cm et pl.	R	roc granitique.

Les régosols mésiques

Ils occupent plusieurs stations topographiques, dont les rebords de talweg des vallées rocheuses, certains rebords de laquets, les parties inférieures (aval) des terrains bien drainés, etc.. La pente moyenne varie entre 3 et 5 degrés. La végétation est dominée par *Ledum groenlandicum, Solidago macrophylla* Pursh, *Lycopodium annotinum* L., *Linnaea borealis* L., *Betula glandulosa, Empetrum nigrum, Vaccinium vitis-idaea* var. *minus, Coptis groenlandica* (Oeder) Fern., *Le-*

dum decumbens, Carex bigelowii, Hylocomium splendens, Picea mariana, Picea glauca. Les données analytiques sont rassemblées au tableau IV. La descriptic d'un régosol mésique est donnée ci-de sous :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
14.0 – 9.0 cm	FH_1	mor brun très foncé (humide : 10YR2/2) à gris très foncé (sec : 10YR3/1), fibreux, de consistance ferme à lâche, limite abrupte et horizontale ;
9.0 – 0.0 cm	FH_2	mor noir (humide : 10YR2/1) à gris très foncé (sec : 10YR3/1), à la fois fibreux et graisseux, de consistance friable à ferme, limite abrupte ;
0.0 cm et pl.	R	roc granitique.

Figure 12. Régosol humide sur granite : zone de suintement soulignée par une formation à *Scirpus cespitosus.*

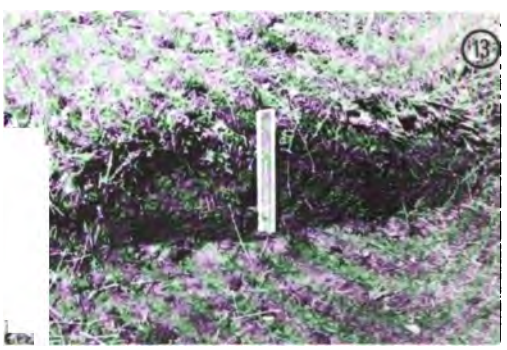
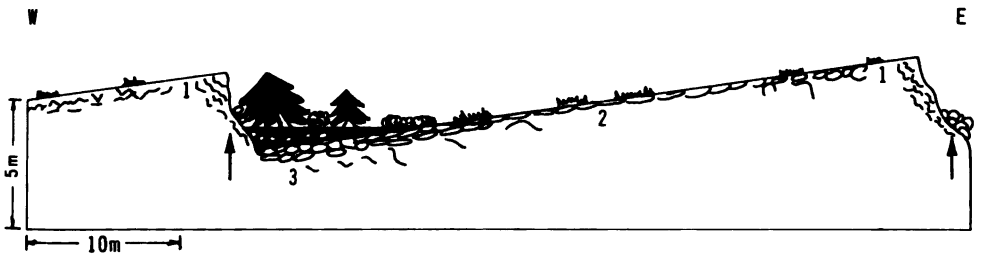


Figure 13. Régosol humide : horizon de m tière organique bien décomposée (règle : 15 cm

Les régosols humides

Il existe plusieurs sortes de régosols humides. Ils se situent généralement dans des dépressions humides, sur des plates-formes à faible pendage, ainsi que dans certaines vallées étroites et plates. Nous avons retenu pour fin de description les régosols humides sur plate-forme. Les autres régosols humides évoluent vraisemblablement vers des organosols. Les régosols humides sur plate-forme se caractérisent principalement par un drainage latéral important (fig. 12 et 13). La végétation est soumise à un régime minérotrophe semblable à celui qui exis dans les tourbières du même type. El est dominée par une basse herbaça arbustive dont les principaux représe tants sont *Scirpus cespitosus* L., *Sal arctophila* Cockerell, *Salix vestita* Purs *Pedicularis flammea* L., *Eriophorum spi sum* Fern., *Vaccinium cespitosum, Dr panocladus uncinatus, Dicranum* sp.. D formations arborescentes apparaissent a cours du processus d'évolution des he baçaies. Les données chimiques so présentées au tableau IV. Un profil c sol représentatif possède l'horizonatic suivante :

Profondeur	*Horizon*	*Description*
15.0 – 0.0 cm	H	mor noir (humide : 10YR2/1) à gris très foncé (sec : 10YR3/1), graisseux avec quelques fibres sporadiques, à la fois ferme et friable, limite abrupte ;
0.0 cm et pl.	R	roc granitique.



↑ Front de gélifraction
1 – Affleurements polis avec fractures; gélifracts; non sol présence de Saxifraga aizoides et S. aizoon
2 – Lithosol sur gélifracts; zone d'accumulation de gélifracts; régosol lithique calcaire sporadique
3 – Régosol lithique calcaire; zone d'accumulation de gélifracts; présence de Picea glauca et arbustes calcicoles

Figure 14. Séquence d'altération du calcaire dolomitique.

Les sols organiques ou organosols

En tenant compte des normes de classification du N.S.S.C.C. (1968), il n'existe pratiquement pas d'organosols sur les assises granitiques du territoire étudié. Les tourbières minces sur granite, dont l'épaisseur moyenne est inférieure à 0.5 mètre, constituent de véritables organosols (sphagno-fibrisols et fenno-fibrisols, etc.). De petites tourbières minérotrophes sont présentes sur les terrains granitiques.

Les sols formés sur assise dolomitique

Les formations dolomitiques se situent à proximité de la baie d'Hudson, en face de l'île Bill of Portland, ainsi que sur les îles Maver à mi-chemin entre l'archipel des Manitounuk et l'embouchure de la Grande rivière de la Baleine. Les îles Maver sont totalement dénudées. Les terrains protérozoiques de la partie nord-ouest de l'aire myriamétrique présentent une faible diversité pédologique, reliée vraisemblablement à une séquence d'altération (fig. 14) du substrat. Le calcaire dolomitique est une roche très gélive et donne des gélifracts anguleux, lorsqu'elle est soumise aux cycles de gel-dégel.

Les lithosols calcaires

Contrairement aux lithosols granitiques, les lithosols calcaires sont rarement colonisés par les lichens crustacés. Le substrat est complètement nu et souvent gélifracté. Il est traversé par de nombreuses diaclases, parfois soulignées par la présence d'épinettes blanches de forme empétroïde. Les lithosols occupent les fronts et les revers immédiats de cuesta et se retrouvent aussi sur les petits éboulis. En dehors de l'épinette blanche, quelques plantes vas-

culaires colonisent les fractures, notamment *Saxifraga aizoon* Jacq. et *S. aizoides* L. Dans les fissures humides, on peut noter la présence de *Salix calcicola* Fern. & Wieg. Sur le littoral, les calcaires dolomitiques sont soumis à l'action des glaces de mer.

Les régosols lithiques calcaires

Les régosols lithiques calcaires couvrent une moins grande superficie que les lithosols calcaires. Sur une faible distance, soit quelques mètres, les lithosols sont remplacés par les régosols xériques et mésiques. Ces derniers se retrouvent principalement dans la zone de contact entre deux strates rocheuses dont la morphologie de détail épouse la forme d'une cuesta. Lorsque l'horizon organique est relativement épais, (fig. 15), une végétation acidophile a tendance à s'implanter : *Ledum groenlandicum, Vaccinium vitis-idaea* var. *minus* sous *Picea glauca,* dominant un plancher d'*Hylocomium splendens.* À côté des arbustes d'épinettes blanches, la végétation est généralement dense et à tendance calciphile : *Salix vestita, Rhododendron lapponicum* (L.) Wahlenb., *Dryas integrifolia* Vahl. La description morphologique d'un profil représentatif est présentée ci-dessous ; quelques données analytiques sont rassemblées au tableau IV.

Profondeur	*Horizon*	*Description*
15.0 – 0.0 cm	FH	mor fibreux noir (humide : 5YR2/1 ; sec : 10YR2/1), avec fragments gélifractés de dolomie, de consistance très ferme, limite graduelle ;
0.0 cm et pl.	R	roc dolomitique fortement gélifracté, ayant l'aspect d'un régolithe.

Dépôts minéro-organiques lacustres

Les terrains granitiques sont caractérisés par une grande abondance de lacs de toutes dimensions. Nous présentons dans le tableau IV quelques résultats d'analyse chimique des dépôts minéro-organiques accumulés au fond de ces derniers. Les propriétés chimiques de ces dépôts caractérisent les laquets à *Hippuris vulgaris L.*. Les deux autres séries de données concernent des lacs de dimension variable contenant beaucoup de dépôts meubles minéro-organiques. Il est à noter qu'il existe d'autres lacs où la matière organique est moins abondante et où l'on peut retrouver quelques plantes aquatiques dont *Sparganium hyperboreum* Laestad, et *Potamogeton* sp.. Certains laquets sont asséchés à la fin de l'été ; le fond organique se caractérise par la présence de fentes de retrait. Les variations du niveau d'eau de ces petites étendues d'eau sont toujours soulignées par une zonation de lichens crustacés. Il semble qu'une étude détaillée de ces bandes de végétation peut fournir une information indirecte sur la dynamique des biocénoses de ces différents laquets.

Figure 15. Régosol lithique calcaire. Noter les gélifracts de dolomie entourés de matière organique bien décomposée.

Discussion

Les sols de la région de Poste-de-la-Baleine montrent une grande diversité pédologique. Les principales formations pédologiques s'alignent dans le même sens que les grands ensembles géomorphologiques, eux-mêmes adossés à la structure géologique. D'un autre côté, le façonnement de nouvelles formes, relié à une combinaison complexe de facteurs morphogénétiques, amorce la pédogenèse dans divers types de matériaux. Il y a lieu de distinguer les sols formés sur dépôts meubles et sur substrats rocheux.

SOLS SUR MATÉRIAUX MEUBLES

Données chimiques : évolution et classification des sols

Les sols différenciés et bien drainés du territoire étudié font partie des ordres brunisolique et podzolique. Nous pouvons affirmer qu'il n'existe aucune différence fondamentale dans la nature du processus de formation des brunisols et des podzols ; c'est avant tout une question d'intensité de processus. Le comité canadien de classification des sols (NSSCS, 1968) admet comme podzol tout sol dont l'horizon B possède de plus que l'horizon C 0.8% de Fe et Al libres, extraits par l'oxalate d'ammonium (McKeague et Day, 1966). Les valeurs du couple Fe-Al libres indiquent dans les séries étudiées une faible podzolisation. Seule la série Baleine possède un Δ (Fe + Al) oxal. supérieur à la norme-seuil. La série Josua a une valeur légèrement inférieure à 0.8%. L'utilisation du réactif au dithionite (McKeage et Day, 1966) donne des valeurs supérieures à celles obtenues par l'extrait de fer-oxalate. Ceci a déjà été souligné par McKeague et Day (1966), par Clark *et al.* (1967) et par Bernier et Carrier (1968). D'après ces auteurs, il semble que le dithionite extrait davantage les formes bien et modérément cristallisées de fer. Cette méthode d'extraction demeure moins spécifique car les sols podzolisés se caractérisent par une prédominance d'oxydes de fer amorphes (Gorbunov, 1959, *in* Mitchell *et al.*, 1964). Cependant, les pourcentages d'Al libre obtenus par les mêmes réactifs soulignent une force d'extraction égale, les pourcentages d'Al-oxal. étant à peine supérieures à ceux de l'Al-dith. dans la majorité des cas. Cette situation confirme les remarques de McKeague et Day (1966, *in* McKeague et Day, 1969) à l'effet que les deux méthodes donnent des résultats similaires pour l'Al. Ces auteurs estiment que 0.6% d'Al-oxal. présent dans l'horizon B constitue une norme additionnelle dans la caractérisation des horizons spodiques. Aucun horizon des sols podzolisés du territoire possède une valeur supérieure à 0.4% d'Al-oxal.

Les pourcentages de (Fe + Al) pyro. des sols à l'étude montrent une distribution semblable à ceux des Δ (Fe + Al) oxal. La plus grande sélectivité du réactif pyrophosphate de Na, extrayant les sesquioxydes chélatés avec les substances humiques des horizons B, est soulignée par les plus faibles quantités d'oxydes libres extraits par rapport à celles obtenues par les deux réactifs précédents. Seule la série Josua possède un pourcentage à peine supérieur à la norme requise dans la caractérisation du B spodique. L'horizon B de la série Baleine possède 0.62% de (Fe + Al)pyro. et peut être inclus parmi les horizons spodiques. Il est intéressant de noter dans les résultats d'analyse la relation étroite existant entre la distribution des pourcentages de Δ (Fe + Al) oxal. et de (Fe + Al) pyro. L'utilisation de la Δ CEC, cette dernière étant la différence entre la CEC à pH 7.0 et la CEC à pH naturel (Clark et *al.*, 1966), comme critère additionnel pour caractériser l'horizon spodique montre une tendance semblable à celle obtenue dans le cas de Δ (Fe + Al) oxal. et (Fe + Al)

pyro. Le seuil de 8.0 m.é/100 g est largement dépassé dans la série Baleine, tandis que la série Josua se caractérise par une valeur de 6.8 m.é./100 g et les autres séries par des valeurs inférieures à 6.0 m.é/100 g. L'ensemble de ces critères d'identification permet de mieux distinguer et caractériser les brunisols et les podzols. Il semble que l'emploi d'un seul critère ne nous permettrait pas de distinguer de façon satisfaisante les sols brunisoliques des sols podzoliques. Les valeurs observées dans tous les profils étudiés suggèrent que la podzolisation est active mais peu intense. Les podzols de Poste-de-la-Baleine se situent probablement parmi les derniers représentants septentrionaux des podzols canadiens, tels que définis par le NSSCC (1968).

Texture et drainage

La nature des sols varie selon les types de matériaux superficiels et leur évolution géomorphologique. Tous ces matériaux meubles sont reliés aux épisodes postglaciaires. Leur mise en place est d'origine marine et fluviale. Les dépôts argileux apparaissent surtout dans les grandes vallées plates et peu encaissées de l'intérieur. Le drainage est peu fonctionnel et on y observe la présence de gleysols (série Tyrrell), de régosols gleyifiés tourbeux et d'organosols. De part et d'autre de ces vallées, on rencontre des champs de blocs suivant assez régulièrement le réseau hydrographique. Plusieurs champs de blocs sont homogènes, constitués essentiellement de gros blocs granitiques. Ils sont reliés à des modalités de déposition légèrement différentes des dépôts hétérogènes, où se développent les séries Josua et Shosha.

Les dépôts sableux se présentent sous forme de terrasses étagées. L'inclinaison transversale et longitudinale de ces dernières détermine un gradient de drainage des dépôts, reflété par la morphologie des séries correspondantes: Baleine, Manitounuk, Hanni, Loat, Alec, etc.. Les types de contact terrasse-colline granitique atténuent ou accentuent ce gradient (fig. 7). La pédogenèse est plus intense dans les stations bien pourvues en eau. Le patron de drainage des sols de terrasse influence directement le patron d'intensité pédogénétique, souligné par l'augmentation des oxydes de fer et d'aluminium libres, par une hausse de la Δ CEC, ainsi que par la diminution du pH-$CaCl_2$. On note la présence de podzols faiblement développés (séries Baleine et Josua) et de brunisols évoluant vraisemblablement vers des podzols (série Loat). Il semble que la faible pédogenèse soit le reflet de conditions climatiques limitatives ; ce qui explique la localisation écologique précise et la faible extension spatiale des podzols. D'autres facteurs doivent cependant être retenus dans la géographie des podzols et des autres formations pédologiques.

Chronoséquence

L'étagement des terrasses de sable est déterminé par le relèvement postglaciaire et la récession de la mer de Tyrrell. Les différents niveaux de terrasse représentent des surfaces d'âge variable, lesquelles sont soulignées par une chronoséquence de développement pédogénétique: unité cartographique NS, séries Cordon, du Poste, Manitounuk, Hanni et Josua. Le développement chronologique de ces séries est marqué par des quantités croissantes d'oxydes de fer et d'aluminium libres, ainsi que par les valeurs du pH-$CaCl_2$ et de la CEC dépendante du pH. La présence et l'abondance des ferruginats [5] montrent ordinairement la

[5] Expression de A. Cailleux : traces d'oxydes ferreux enrobant une matrice minérale, le plus souvent sableuse. La précipitation des oxydes est d'origine physico-chimique et peut être due à plusieurs agents dont les basses températures.

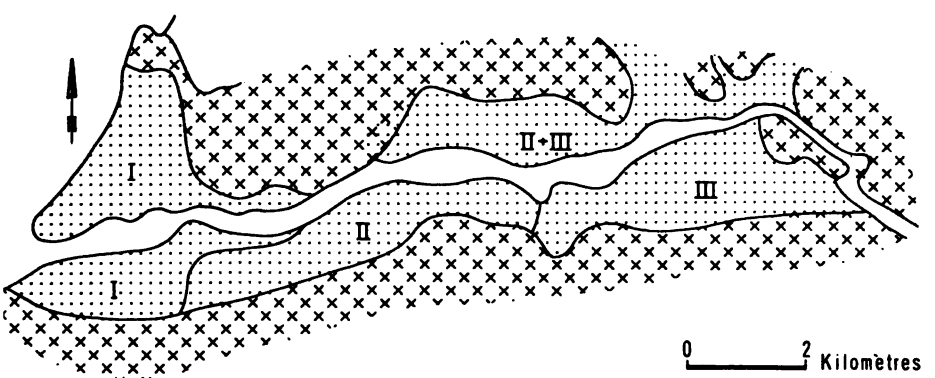
tendance. De plus, on constate veloppement parallèle d'une sé- évolutive de la végétation. Le de distribution de ces différentes n'est pas uniforme. On remarque, t, que si les séries Hanni et Josua eloppent dans des conditions éco- s stables, il n'en est pas de même es séries moins évoluées de la séquence. L'influence éolienne ue un facteur pédogénétique dé- ant.

éolienne

terrasses bordant la Grande rivièa Baleine peuvent être subdivisées s sections principales au point de anifestations éoliennes (fig. 16). mière section, située à proximité ner, se caractérise par la dominangrandes aires de déflation, de duraboliques et de placages nivéo-. La deuxième section correspond surface d'érosion et de sédimentaoliennes dont l'ensemble des foront fixées et relativement stables, eption de quelques crêtes dunaitroisième section possède peu de d'action éolienne. On remarque la présence de faibles bombements éoliens et de petites caoudeyres stabilisées. Les principales manifestations éoliennes actuelles sont représentées par des éperons, d'ailleurs communs dans les deux sections précédentes. Ils se localisent sur les ruptures de pente, au contact des replats et des talus de terrasses.

La distribution des séries Cordon et du Poste se limite à la première section. La série Durand occupe une surface importante dans la première section ; elle apparaît sporadiquement dans la section centrale. Les séries Sarah et Manitounuk dominent dans la deuxième section, alors que la série Hanni se rencontre principalement dans la section orientale. Il existe une relation étroite entre la distribution des formes éoliennes actuelles et fossiles et la distribution des séries alignées le long du gradient de chronoséquence pédogénétique. L'influence éoliene empêche la différenciation croissante des profils soumis actuellement ou récemment à la déflation et à la sédimentation.

L'influence éolienne agit aussi intensément sur les cordons littoraux, au nord



I - SECTION LITTORALE: Action éolienne actuelle prononcée

II - SECTION CENTRALE: Action éolienne actuelle faible; formes stabilisées

III - SECTION ORIENTALE: Action éolienne actuelle et ancienne très faible

Figure 16. Distribution des zones d'influence éolienne dans la vallée de la Grande rivière aleine.

de la Grande rivière de la Baleine. Les buttes éoliennes d'érosion et/ou de sédimentation apparaissent presqu'en champ continu, notamment sur le pourtour des pistes d'avion de Poste-de-la-Baleine. L'érosion et la sédimentation continues de sable créent des cycles d'évolution de la végétation et des sols. La végétation agit comme un facteur géomorphologique déterminant car la colonisation par les plantes pionnières (*Elymus arenarius, Carex bigelowii,* etc.) favorise la formation de nouveaux microreliefs. Ces derniers agissent simultanément avec les plantes comme obstacle au vent et favorisent de nouvelles conditions de sédimentation. Plusieurs hummocks sont dus à ce type de phénomène. Ces formations présentent toujours une traînée de sable plus ou moins allongée, sous forme de carène inversée. Lorsque les hummocks s'accroissent rapidement le relief devient de plus en plus prononcé et donne lieu à une reprise d'érosion. Sous ces conditions, le faible développement pédogénétique est toujours interrompu, soit par enfouissement de la surface, soit par « troncation ».

Les dépôts nivéo-éoliens occupent un faible espace. Cependant, ils ne se limitent pas au littoral au sens strict, car ils se retrouvent à la lisière et même à l'intérieur de certaines formations arborescentes de consolidation. Les dunes et les aires de déflation ainsi que les plages de sable du littoral hudsonien constituent des réserves importantes pour la formation de ces dépôts. Des vents de plusieurs direction semblent être à l'origine du transport du sable. Ce phénomène se produit principalement au printemps. Rochette et Cailleux (1971) ont décrit récemment plusieurs formes de dépôts nivéo-éoliens à Poste-de-la-Baleine. Des sols déjà bien développés peuvent recevoir des apports éoliens pouvant dépasser 5 cm d'épaisseur. Le tapis végétal est entièrement recouvert. Ceci a pour résultat de créer une nouvelle succession de la végétation et un nouveau départ de pédogenèse. La végétation et les sols de ce secteur se caractérisent par la prédominance de petites unités bien différenciées, dont l'ensemble a l'aspect d'une mosaïque. Cependant, une cartographie détaillée de la végétation souligne plus rapidement que la cartographie pédologique l'influence écologique des dépôts nivéo-éoliens.

Gradient de « désalinisation » et embruns

Les chronoséquences de sols et de végétation associées au relèvement postglaciaire ont un même point de départ sur les sables littoraux. Les chronoséquences peuvent être perçues en fonction d'un gradient de désalinisation. Les premières formations végétales à apparaître sur le littoral ont un caractère halophile (par exemple *Arenaria peploides*). Elles sont reliées aux propriétés édaphiques des sols littoraux : pH et contenu en Ca, K, Mg, Na plus élevés que dans les dépôts semblables éloignés du littoral. Les processus pédogénétiques, notamment le lessivage et la podzolisation, éliminent avec le temps toute trace de l'influence littorale. Les embruns peuvent cependant retarder la désalinisation dans certaines stations. La zone d'influence directe des embruns paraît relativement restreinte. Les terrains recevant les plus grandes quantités se situent à proximité de la mer et se caractérisent par une pédogenèse faible ou absente. A quelques kilomètres au nord de Poste-de-la-Baleine, la présence d'un régosol lithique possédant environ 10 cm de sable moyen sur granite reflète une influence des embruns. Cette formation se situe à une quinzaine de mètres de la zone intertidale. La présence de *Salix reticulata* L. est reliée à des conditions

ves particulières soulignées par un
ı 6.4 de la matière organique de
e. P. Forest (comm. verb.) signa-
le pH est plus élevé sur les flancs
ordons littoraux exposés aux vents
ı que sur les flancs exposés aux
continentaux.

ation humaine

les dunes paraboliques résultent
ri d'une influence éolienne naturel-
majorité des hummocks d'érosion
sédimentation proviennent d'une
ention sévère de l'homme. Une
raphie des hummocks correspond
arte de l'occupation humaine fon-
Les grands champs de hummocks
rouvent uniquement près des villa-
mérindiens et blanc. La construc-
des chemins, le nivellement des
ıs ondulés, la création de dépotoirs,
que le piétinement intense du sol
ısé la disparition du tapis végétal
l'horizon organique de surface.
lisparition favorise l'érosion éolien-
s sables grossiers et très grossiers
ıartier blanc résistent plus facile-
à la déflation. C'est pourquoi l'on
ve moins de hummocks. D'autres
ons se caractérisent par l'enfouis-
ıt systématique du sol original sous
paisseur variable de sable éolien.

superposition de nombreux profils
ıliques appartenant à la série Sarah
gne de la relative contemporanéité
ction éolienne. L'absence de déve-
nent morphologique dans chacun
s sols signifie que les différentes
ı de sédimentation se sont succé-
sur une courte période de temps,
ıassant probablement pas quelques
nes d'années. D'un autre côté, la
orientale de l'ancienne surface
ion éolienne correspond précisé-
à l'emplacement d'une dune para-
e active. C'est là une limite abrupte
à de laquelle une diminution sensible de l'érosion éolienne se produit même si les conditions stationnelles sont semblables. Il est possible que l'existence de la surface éolienne actuellement fixée soit due indirectement à l'influence humaine, notamment par l'intermédiaire des feux. La situation géographique près du littoral, la nature des dépôts superficiels, le type de couvert végétal ainsi que les régimes, les fréquences et l'intensité des vents jouent un rôle de convergence et facilitent l'action éolienne.

Les feux

Des traces de feu ont été décelées dans l'ensemble de l'aire myriamétrique. Nous avons pu noter l'existence de feux au cours de l'été 1970 au sud de la Grande rivière de la Baleine. Il semble que l'extension de chaque feu est faible. Il est difficile de déterminer précisément leur impact sur les sols et la végétation.

Figure 17. Profil montrant une alternance de sable fluviatile et de matière organique carbonisée sur un brunisol dystrique dégradé de la série Manitounuk.

La superposition de profils de régosol orthique sur flanc de dune suppose la mise à nu subite de matériau sableux. Dans certains cas, les régosols ont la même épaisseur. Il semble probable que les périodes de sédimentation éolienne exprimées par les profils superposés résultent de la disparition totale ou partielle du tapis végétal après le passage d'un feu. Nous avons pu observer dans une coupe de sol la relation entre la présence d'un feu et l'érosion du sol. L'alternance de nombreux horizons de matière organique carbonisée et de sable d'origine fluviale (fig. 17) observée dans une coupe de la section orientale de la terrasse, démontre que le passage d'un feu favorise une reprise d'érosion. Dans ce cas-ci, l'érosion fluviale était prédominante. La situation topographique de cette coupe de sol correspond à un ancien lit de mare recevant les eaux de ruissellement des replats adjacents. La présence de feux sporadiques expliquerait en partie seulement l'importance régionale de l'érosion éolienne. Cet aspect mérite des observations plus détaillées.

Érosion hydraulique

Sur la rive sud du fleuve, les dépôts sableux reposent en certains endroits sur une formation argileuse épaisse. Les glissements de terrain s'associent généralement à une telle séquence. Près de l'embouchure, les terrasses sont traversées par des rainures d'érosion épousant la forme de grands lobes. Ces derniers envahissent les replats sableux au bas desquels s'étend une zone déprimée et compressée. La topographie générale montre une suite d'arcs sableux à sommet convexe séparés par des laquets et des marécages. Tous les sols des arcs sableux et des marécages possèdent un faciès régosolique, témoignant de la relative contemporanéité du phénomène.

Il semble que le mouvement général du glissement de terrain ait exercé des pressions latérales sur les dépôts adjacents. L'horizonation de certains profils se caractérise par des involutions de matériaux argileux au sein d'une matrice sableuse, de même que par des involutions et des enfouissements d'horizons organiques de surface. Dans les stations de faible stabilité des dépôts, on observe des profils de sols peu différenciés. De plus, les glissements de terrain créent de nouvelles zones de faiblesse où l'érosion fluviale a plus d'emprise.

Ferruginisation

Les zones ferruginisées affectent les dépôts meubles et se situent généralement en profondeur. Les dépôts sableux de la région de Poste-de-la-Baleine se caractérisent par la présence de plaques ferruginisées, mises à nu soit par érosion différentielle, les plaques étant fortement indurées soit par les glissements de terrain, les plaques jonchant les berges argileuses de cours d'eau.

La formation des ferruginats de profondeur est actuellement très active. De façon générale, on constate que des ferruginats se forment à l'interface de lits de texture différente. Les dépôts à forte stratigraphie et à lithologie variable sont intensément soumis à la ferruginisation. Les ferruginats épousent la forme de la stratigraphie originale. Ils sont stratiformes, linéaires et/ou lenticulaires.

Un autre type de ferruginisation est à signaler, car il prend une grande importance en surface, dans le *solum*. La série Hanni par exemple se caractérise par la présence de ferruginats dans la partie superficielle du sol minéral. Il en est de même des profils de la série Manitounuk. Les ferruginats possèdent une for-

me très variable contrairement à ceux du premier type. Ils sont polymorphes, rarement linéaires et lenticulaires, souvent alvéolaires. Ils sont actuellement en formation. Les signes de ferruginisation sont de plus en plus évidents et de plus en plus nombreux au cours de la chronoséquence pédologique. L'intensité de la ferruginisation semble particulièrement grande dans les sols des terrasses de sable bien drainé. Les ferruginats peuvent modifier à la longue la forme des horizons pédogénétiques. Ils ont une teinte semblable à celle des horizons B d'accumulation d'oxydes de fer et d'aluminium libres. De plus, il semble que les ferruginats peuvent déranger l'horizonation originale du profil et lui donner une distribution anarchique. L'origine de la ferruginisation du *solum* semble périglaciaire. Une étude détaillée devrait préciser la nature du phénomène.

SOLS SUR ASSISE ROCHEUSE

La diversité des sols sur assise rocheuse est moins grande que sur dépôts meubles. Les principaux sols observés sont du type (L) (F) (H)—Cr ou R. Ils appartiennent aux groupes des lithosols et des régosols lithiques. Les principaux facteurs intervenant au cours de la pédogenèse sur roc sont la topographie, le drainage et la lithologie.

Sols sur granite

On observe généralement les lithosols dans les stations exposées aux vents dominants, à pente raide et à drainage rapide. Dans ces milieux, il y a peu ou pas de gélifraction. Les régosols lithiques se développent dans des conditions moins limitatives. La nature et l'épaisseur de l'horizon organique varient en fonction de la topographie et du drainage, lesquels conditionnent les caractéristiques de la biomasse. Les régosols lithiques possèdent un régime nutritif variable selon la situation topographique. Plusieurs régosols lithiques humides se localisent dans des zones de suintement et peuvent être qualifiés de sols minérotrophes. Cependant, les apports en éléments minéraux ne sont pas considérables si l'on pense que le suintement et le drainage latéral se font dans des formations leucocrates. Le phénomène est tout de même perceptible ; la végétation dominée notamment par *Scirpus cespitosus* répond à l'augmentation locale en éléments minéraux des sols. On note des différence en éléments minéraux entre les régosols xériques et humides (tableau IV). l'existence d'un tel processus est à rapprocher de celui qui différencie le « FEN » du « BOG » dans les terrains organiques. Les sols bien pourvus en eau possèdent généralement un horizon organique plus épais que ceux des stations excessivement drainées. Les régosols lithiques humides peuvent évoluer vers des fibrisols minces sur roc.

Sols sur dolomie

Les lithosols et les régosols lithiques calcaires se distinguent des sols homologues sur granite par leur nature pétrographique. La présence de lithosols ou la formation de régosols lithiques calcaires dépendent des conditions topographiques, lesquelles déterminent le drainage. Ce dernier influence l'intensité de la gélifraction. La dolomie étant une roche très gélive, on observe une séquence d'altération du substrat où se différencient les régosols des lithosols. Ceci constitue une distinction fondamentale entre les sols dolomitiques et les sols granitiques.

Conclusion

Nous avons présenté dans ce travail une description générale des principales formations pédologiques de Poste-de-la-Baleine, région située sur le littoral hudsonien de la zone hémi-arctique

(55° 16' N., 77° 47' O.). Au terme de cette étude, on constate que la région de Poste-de-la-Baleine se situe dans l'aire des podzols, caractéristiques de la grande forêt boréale. Cependant, la superficie couverte par les podzols est très faible. Les lithosols et les régosols lithiques constituent les principaux sols du territoire étudié. L'importance des brunisols est intermédiaire entre les podzols et les sols lithiques. Il semble que l'extension des régosols orthiques et des brunisols a été assurée par des facteurs d'instabilité pédogénétique, tels que l'érosion éolienne et fluviatile, ainsi que l'influence de l'homme. Les podzols se développent dans des stations bien pourvues en eau. Les brunisols dominent surtout dans les milieux bien et excessivement drainés. Compte tenu des conditions écologiques de l'hémi-arctique et de la situation littorale des formations pédologiques, il est probable que les podzols ne puissent s'étendre aux terrains bien et excessivement drainés. Les valeurs de pédogenèse des podzols de Poste-de-la-Baleine ne sont pas élevées. Les résultats d'analyse chimique suggèrent que la limite septentrionale des podzols boréaux se situe probablement à une faible distance au nord de Poste-de-la-Baleine. Cependant, nous ne possédons pas encore suffisamment de données pour tracer une telle distribution au Nouveau-Québec.

Remerciements

Je désire exprimer ma plus vive reconnaissance au Dr. J.C.F. Tedrow de Rutgers University pour son encouragement et ses judicieuses remarques au cours de l'élaboration de cette recherche. Je remercie M. Roger Baril, professeur de sols de l'Université Laval pour ses nombreuses remarques pertinentes lors de la correction du manuscrit. Je remercie également M. Louis-Edmond Hamelin, ex-directeur du Centre d'études nordiques, pour son intérêt et son aide appréciable dans cette recherche. MM. Benoît Gauthier et René Audet, écologistes, ont dispensé une assistance soutenue au cours des prospections pédologiques. Cette recherche a pu être réalisée grâce à des octrois du Centre d'études nordiques et du Conseil national de recherches du Canada.

Références

ANDREWS, J.T., 1969. The pattern and interpretation of restrained, post-glacial and residual rebound in the area of Hudson Bay. *In* P.J. Hood (Ed.), Earth Science Symposium on Hudson Bay. *Geol Surv. Can. Pap.*, 68-53 : 49-62.

ATKINSON, H.J., G.R. GILES, A.J. MacLEAN, and J.R. WRIGHT, 1958. Chemical methods of soil analysis. Contr. 169 (rev.), Chem. Div., Sci. Serv., Can. Dep. Agric., Ottawa.

BERNIER, B. et J. L. CARRIER, 1968. Étude sur l'extraction du fer et de l'aluminium libres dans les sols podzolisés. *Naturaliste can.*, 95 : 247-257.

CLARK, J.S., 1965. Extraction of exchangeable cations from soils. *Can. J. Soil Sci.*, 45 : 311-322.

CLARK, J.S., J.A. McKEAGUE, and W.E. NICHOL, 1966. The use of pH — dependant cation — exchange capacity for characterizing B horizons of brunisolic and podzolic soils. *Can. J. Soil Sci.*, 46 : 161-166.

CRAIG, B.G., 1969. Late-glacial and post-glacial history of the Hudson Bay region. *In* P.J. Hood (Ed.), Earth Science Symposium on Hudson Bay. *Geol Surv. Can. Pap.*, 68-53 : 63-77.

DAY, J.H., 1968. Soils of the Upper MacKenzie River Area, Northwest Territories. *Res. Brch, Canada Dep. Agric.*, Ottawa, 77 p.

HAMELIN, L.E., et A. CAILLEUX, 1969. Les palses dans le bassin de la Grande Rivière de la Baleine. *Revue Géogr. Montréal*, 23 : 329-337.

HARE, K.F., 1959. A photo-reconnaissance survey of Labrador-Ungava. *Mem. geogr. Brch Can.*, No 6, 83 p.

HUSTICH, I., 1949. Phytogeographical regions of Labrador. *Arctic*, 2 : 36-42.

HUSTICH, I., 1950. Notes on the forest on the East Coast of Hudson Bay and James Bay. *Acta geogr.*, 11 : 3-83.

HUSTICH, I., 1966. On the Forest-Tundra and the Northern tree-lines. *Ann. Univ. Turku.* A. II, 36 (*Rep. Kevo Subarctic Stn.* 3) : 7-47.

HUSTICH, I., 1968. La forêt d'épinette noire à mousses du Québec septentrional et du Labrador. *Naturaliste can.*, 95 : 413-421.

JAUHIAINEN, E., 1969. On soils in the boreal coniferous region. *Fennia*, 98 (5) : 1-165.

KRANCK, E.H., 1951. On the geology of the East Coast of Hudson Bay and James Bay. Observations during a research journey in summer 1947. *Acta geogr.*, 11 : 1-71.

LAJOIE, P.O., 1954. Exploratory soil survey of the Fort-Chimo district (Ungava Bay, Québec), *Can. Dep. Agric. Exper. Farms, Serv.*, Ottawa, Rapport non publié, 30 p.

LEE, H.A., 1960. Late glacial and post-glacial Hudson Bay sea episode. *Science*, 131 : 1609-1611.

MAYCOCK, P.F., 1968. The flora and vegetation of the southern Manitounuk Islands, southeast Hudson Bay, and a consideration of phytogeographical relationships in the region. *Naturaliste can.*, 95 : 423-468.

McKEAGUE, J.A., 1967. An evaluation of 0.1 M pyrophosphate and pyrophostate dithionite in comparison with oxalate as extractants of the accumulation products in podzols and some other soils. *Can. J. Soil Sci.*, 47 : 95-99.

McKEAGUE, J.A. and J.H. DAY, 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.*, 46 : 13-22.

MITCHELL, B.D., V.C. FARMER and W.J. HARDY, 1964. Amorphous inorganic materials in soils. *Adv. Agron.*, 16 : 327-383.

NATIONAL SOIL SURVEY COMMITTEE (CANADA), 1968. Proceedings of the seventh meeting. Univ. of Alberta, Edmonton, 216 p.

PAYETTE, S. et B. GAUTHIER, 1972. Les structures de végétation : interprétation géographique et écologique, classification et application. *Naturaliste can.*, 99 : 1-26.

PORTMANN, J.P., 1971. Géomorphologie de l'aire myriamétrique de Poste-de-la-Baleine (Nouveau-Québec). *Cah. Géogr. Québ.*, nº 34 : 53-76.

ROCHETTE, J.C. et A. CAILLEUX, 1971. Dépôts nivéo-éoliens annuels à Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec. *Revue Géogr. Montréal*, 25 : 35-41.

ROUSSEAU, J. 1952. Les zones biologiques de la péninsule Québec-Labrador et l'hémi-arctique. *Can. J. Bot.*, 30 : 436-474.

ROUSSEAU, J., 1968. The vegetation of the Quebec-Labrador peninsula between 55° and 60°N. *Naturaliste can.*, 95 : 469-563.

TEDROW, J.C.F., 1970. Soils of the subarctic regions. *In* Écologie des régions subarctiques. Actes du Colloque d'Helsinki, Unesco, 189-205.

WILSON, C., 1968. Notes on the climate of Poste-de-la-Baleine, Québec. *Travaux divers du Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Québec*, No 24, 93 p.

Naturaliste can., 100 : 165-176 (1973).

THE GROWTH OF THE YELLOW PERCH IN VARIOUS QUÉBEC WATERS [1]

John GRIMALDI [2] and Gérard LEDUC
Department of Biological Sciences, Sir George Williams University, Montréal
Division de la recherche, Service de la faune du Québec
Ministère du tourisme, de la chasse et de la pêche
Québec

Résumé

La perchaude, *Perca flavescens* (Mitchill), est un poisson prolifique grandement répandu au Québec ; comparé aux autres poissons d'intérêt sportif, d'eau chaude ou froide, sa croissance est lente et semble intimement liée à la qualité du milieu. Ces conclusions sont tirées d'une étude d'échantillons de perchaudes d'âges multiples provenant de six endroits du Québec et recueillis en 1965 et 1966.

La perchaude prend un minimum de 4 ou 5 ans pour atteindre une taille de 18 à 20 cm. On a observé une meilleure croissance dans les grands plans d'eau tandis que la nanisme se manifeste dans deux petits lacs, l'un froid et l'autre tempéré. Après trois ans, la croissance des femelles est plus rapide que celle des mâles. L'histoire de croissance révèle que dans les grandes étendues d'eau le taux de croissance se maintient mais qu'il se détériore dans les petits lacs. La comparaison de deux échantillons de perchaudes, l'un de 1942 et l'autre de 1965, ne révèle pas de différence dans l'indice de croissance.

Les différences écologiques entre les milieux étudiés peuvent expliquer les différents indices de croissance qui semblent dépendre beaucoup plus de l'abondance de la nourriture, de la présence d'autres espèces de poissons, de la prédation et de la couverture végétale que de la température.

Abstract

The yellow perch, *Perca flavescens* (Mitchill), is a prolific and widely distributed fish, but compared to several other cold and/or warm water game fishes of Québec, it is a slow growing fish apparently very sensitive to the quality of its environment. These findings come from a study of multiple age samples of yellow perch collected in six different places of Québec during 1965 and 1966.

It takes a minimum of four to five years to produce a harvestable fish (18 to 20 cm) ; the best growth occurred in larger water systems whereas stunting was observed in two small lakes, a cold and a warm one. Females grow faster than males beyond the third year of life and the growth history indicates that in large open bodies of water, the growth rates are stable but tend to drop in small lakes. The comparison of two samples of yellow perch taken in 1942 and 1965 revealed no difference of growth in length.

The ecological differences of the various habitats sampled can account for the different growth rates which appear to depend more on the food supply, the presence of other fishes, predation and vegetation cover than on temperature.

[1] From a thesis submitted to McGill University in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science.

[2] Present address : Department of Biology, Dawson College, Montréal.

Introduction

The present investigation was initiated to study, from preserved samples, the growth in length of male and female yellow perch, *Perca flavescens* (Mitchill), taken from six different locations in Québec.

The yellow perch is an important game and commercial fish in North America, and has been the subject of numerous studies, particularly in the United States. However, in Québec, very little informations has been published on the yellow perch, despite an ever increasing demand for this fish by both sport and commercial fishermen. One extensive study has been carried out by Fortin et Magnin (1972) who studied in Lake St. Louis, Québec, various aspects of the ecology of the yellow perch, namely its fecundity, age to maturity, feeding habits, growth, sex ratio and movements. It therefore seemed appropriate to initiate a study of the growth of the yellow perch, in their native waters and also, for comparative purposes, in other locations ecologically different from their normal habitat.

Much of the investigation on the yellow perch has dealt with growth ; Schneberger (1935), studied this fish in three lakes in Wisconsin and concluded that the growth rate is inversely proportional to the abundance of the fish. Harkness (1922), and Jobes (1933, 1952), report different growth rates for the perch of Lake Erie, showing that the growth in a given body of water may vary from decade to decade, or that two or more populations of fish may exist in the same lake. Extensive growth studies of the yellow perch were made in areas of major commercial importance in the United States and, as seen in Table I, the growth can vary widely in closely related waters.

Besides the interest of study in the yellow perch in its original range of distribution, there is an acute lack of knowledge of the ecology of this fish in habitats where it has been artificially introduced. The yellow perch has been introduced in many Laurentian lakes, where it has successfully established itself, thus damaging, and at times completely

TABLE I

Comparison of calculated total lengths of yellow perch from different locations

Location	*Average calculated length in mm at end of year*							*Reference*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	
Lake Erie	94	170	216	241	264	279		Jobes (1952)
Saginaw Bay	76	134	203	241	272	305	325	Hile & Jobes (1940)
Green Bay	71	117	160	201	229	259	284	Hile & Jobes (1942)
N.W. Lake Michigan	71	114	152	180	216	246		Hile & Jobes (1942)
Lake of the Woods	88	112	161	188	211	230	241	Carlander (1950)
Average length	80	129	178	210	238	263	283	

destroying the preferred trout fishing; it is generally recognized that when yellow perch are introduced in mountain lakes, they soon overpopulate with resultant poor growth (Bergeron *et al.*, 1971, 1971a) Deelder (1951), and Eschmeyer (1937), concluded that the growth of yellow perch in a stunted population is good for the first two seasons, but then slows down or stops completely due to lack of food organisms of the proper size; Eschmeyer (1937), also suggests that lack of space due to overpopulation may enhance the stunting conditions.

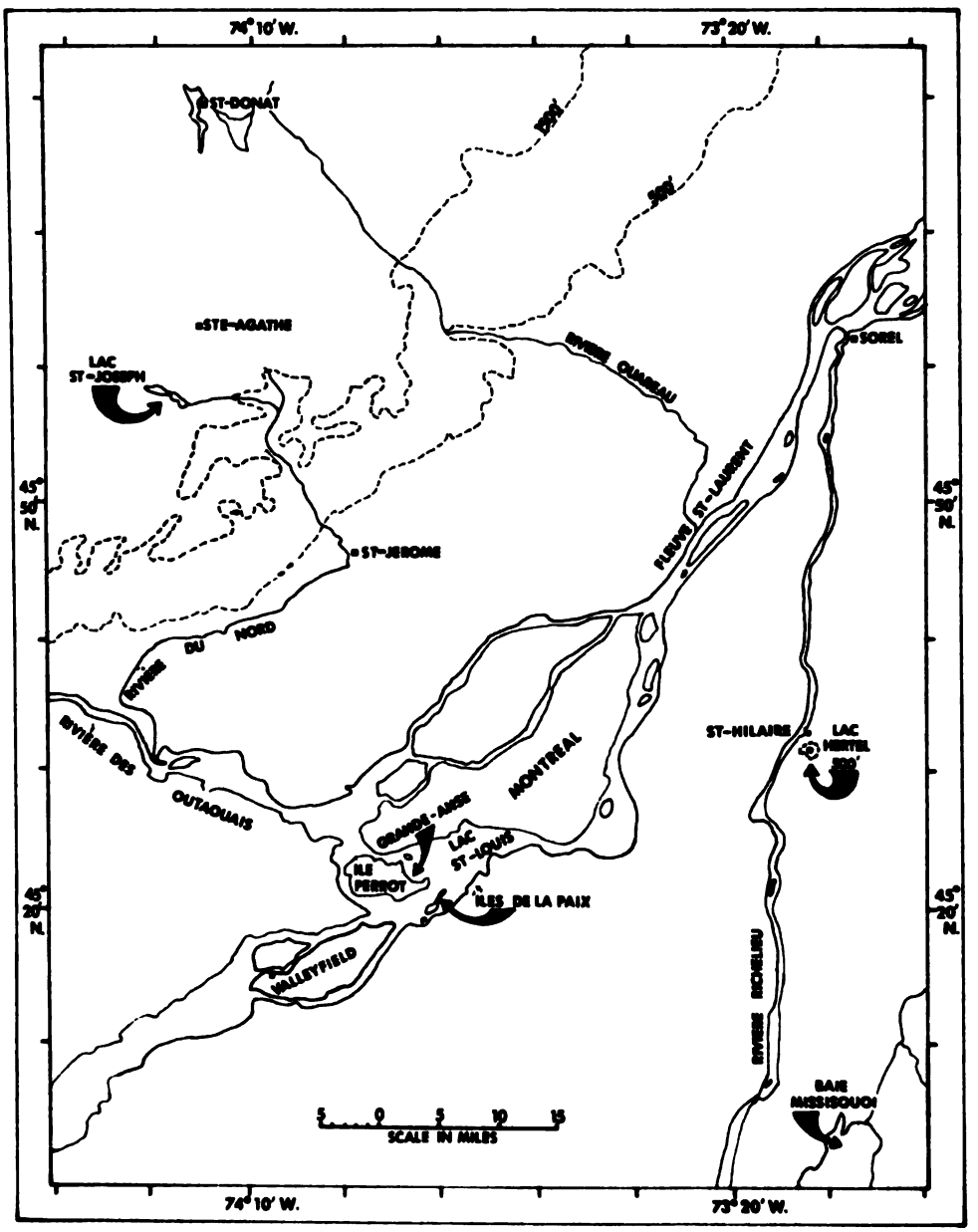


Figure 1. Map showing the location of the different sampling stations where the yellow perch were captured for a comparative study on growth.

Material and methods

For this study of the growth of the yellow perch in various locations of Québec, a total of 1,173 specimens were collected during the summer and fall of 1965 at places indicated in Figure 1. The sizes of the samples at each station were as follows : La Grande-Anse 274, Îles-de-la-Paix 213, Missisquoi Bay 218, Lake Hertel 248, Lake St. Joseph 220. A sixth sample of 654 fish was later collected in 1966, in Lake Viet (75° 02'W, 46° 28'N) ; this mountain lake, not indicated on the in Figure 1, is located in the Laurentians near Ste. Véronique de Turgeon, about 120 miles northwest of Montréal.

A collection of scales from 166 yellow perch caught in 1942 at Iles-de-la-Paix by Mr. Vianney Legendre, biologist at the Research Division of the Québec Wildlife Service, was also used to compare the growth of yellow perch between 1942 and 1965.

COLLECTION OF SPECIMENS

At La Grande-Anse and Iles-de-la-Paix, the fish were caught between the 15th and the 25th of June, with four 23 m long gill nets, set at depths varying between 1.5 and 3 m ; the mesh size (stretched) of these nets were 1.90, 3.81, 5.08 and 6.35 cm. The whole sample from Missisquoi Bay, was purchased from a commercial fisherman, who caught the fish on October 21 and 23, with a 300 m long seine (5 cm mesh). In Lake Hertel and Lake St. Joseph, the fish were caught between June 29 and July 9, using a 22.5 m long gill net of 1.90 cm mesh (stretched), set at depths of 2 to 4.5 m in various locations of the lakes ; in addition, to obtain small specimens, extensive seining (0.63 cm mesh) was carried in the shallow waters at all stations except in Missisquoi Bay and in Lake Vinet. In the latter, perch were collected on Sep 1966 following the applicatic dium cyanide used as a fish p lake reclamation purposes (Le 1973).

HANDLING OF SPECIMENS

Soon after the catch, the individually measured for to to the nearest millimeter ; the then preserved in a 10% forr solution. Because of limited t able, the sample of lake Vine mediately preserved before an ments could be taken.

The fish were then aged opercular bone (Grimaldi, 19 was also measured to determi lationship between the total the fish and that of the oper lowing a method described b (1947). The sex was determ the examination of the gonads, the description of Breland (19

TABLE II

Slopes (regression coefficient), coefficients and length intercepts ot the regression analysis between th the opercular bone and the total leng perch collected in different places in 1965 and 1966

Station	*Slope* (b_{yx})	*Correlati coefficie*
La Grande-Anse	0.3880	0.938
Iles-de-la-Paix	0.3936	0.973
Missisquoi Bay	0.2618	0.776
Lake Hertel	0.4043	0.977
Lake St. Joseph	0.4061	0.990
Lake Vinet	0.4329	0.934

Results

GROWTH HISTORY

The relationship between the total length of the opercular bone and the total length of the fish was statistically analyzed to obtain the correction factor used to calculate the growth histories and also to correct for summer growth, thus allowing the comparison of samples taken at different times of the year ; this correction factor was obtained after Rounsefell and Everhart (1953, p. 323).

The slopes of the regression lines, the correlation coefficients and the X-axis intercepts are given in Table II. The length intercepts of the regression lines were taken as correction factors, which Van Oosten (1941), Rounsefell and Everhart (1953) and Bardach (1955) suggest to be the approximate length of the fish when the structure with which the

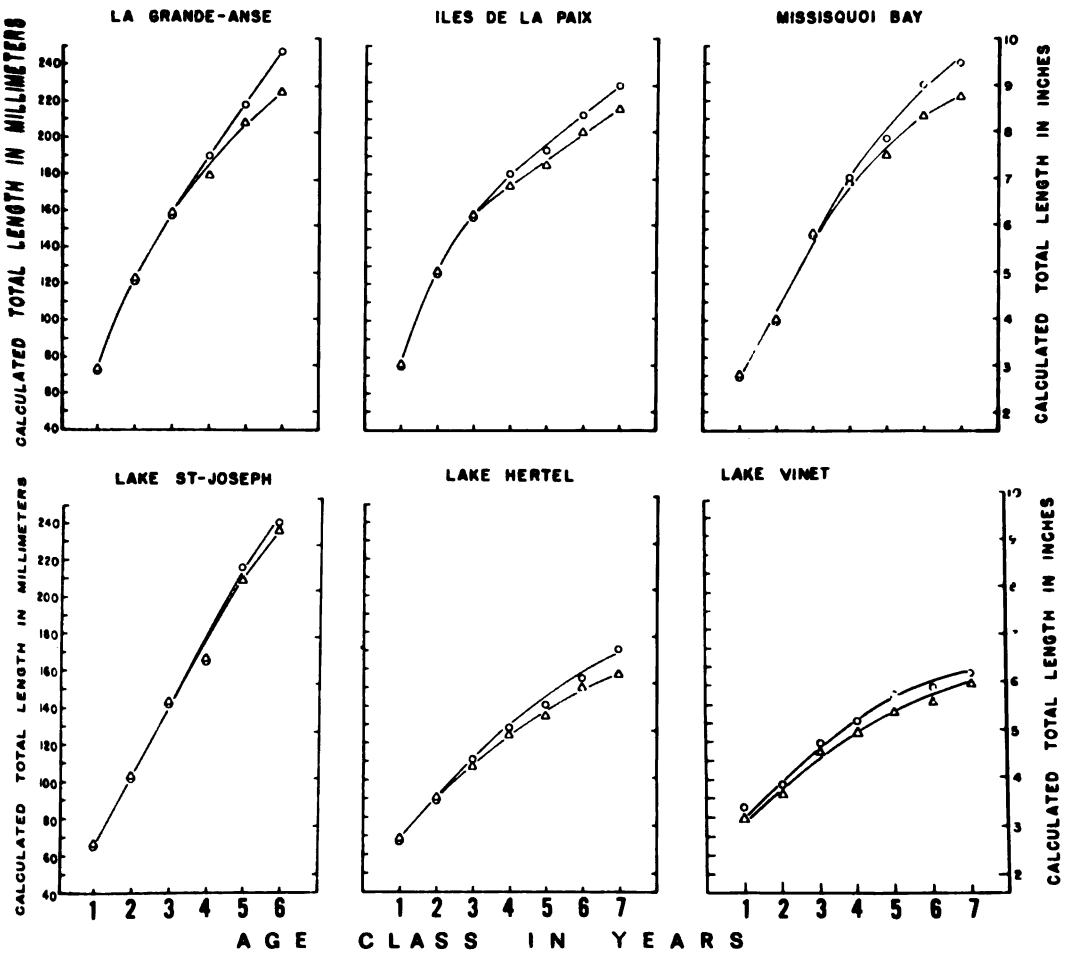


Figure 2. Relationship between the age and the total calculated length at time of capture, of male and female yellow perch caught at various stations in 1965 and 1966. Circles represent females, triangles represent males.

fish is aged (scale or opercular bone) is being formed.

The growth history of male and female yellow perch of all stations except Lake Vinet, is presented in Table III ; inadvertent loss of the sample from Lake Vinet before all data could be obtained prevented the calculation of the growth history.

An analysis of these growth history tables reveals that in large open water systems such as La Grande Anse, Iles-de-la-Paix and Missisquoi Bay, the growth of the yellow perch had been fairly constant over the 6 or 7 years covered. On the other hand, there appears to be a noticeable reduction in the growth rates in Lake Hertel and Lake St. Joseph over the same period of time, that is, yellow perch of the same age did not achieve in recent years the same length as they did earlier, therefore suggesting deteriorating conditions for growth. When considering the growth history of males and females, it appears that both sexes were equally affected by the environment, that is, growth of males and females has been equally uniform or equally reduced over the years.

GROWTH IN LENGTH

The calculated lengths (corrected for summer growth) of different year classes of male and female yellow perch taken at all six stations in 1965 and 1966 is illustrated in Figure 2. These eye-fitted curves were drawn through the mean lengths within the 99 percent fiducial limits. These results show that among the young fish, males and females grow at the same rate ; with advancing age however, the females maintain higher growth rates than the males and at 6 or 7 years old, the females are always longer than males. In La Grande-Anse, Iles-de-la-Paix, Missisquoi Bay and Lake Hertel the different growth rates begin to appear in the second or third year, whereas in Lakes St. Joseph and Vinet it appears in the fourth year.

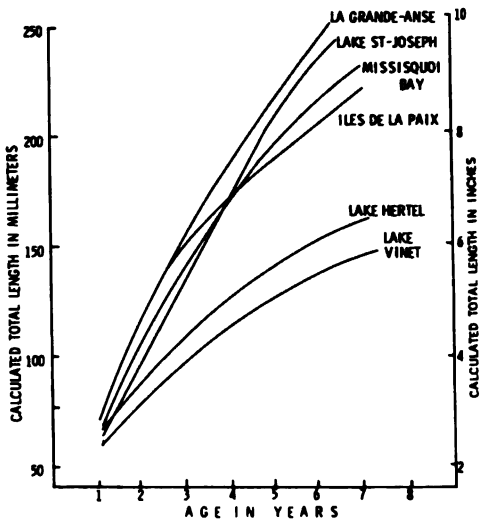


Figure 3. Relationship between the age and the total calculated length at time of capture of male and female yellow perch (pooled samples) caught at various stations in 1965 and 1966.

A comprehensive view of the growth of the yellow perch in the various habitats studied is presented in Figure 3 where growth curves for males and females combined are illustrated. The best growth in length is found in La Grande-Anse, whereas the poorest growth occurs in Lake Vinet. Further analysis of Figure 3 reveals several features of interest : the growth is better in La Grande-Anse than at Iles-de-la-Paix, showing a difference between perch living in the same body of water (Lake St. Louis) but taken at different places ; the remarkably good and uniform growth rate in Lake St. Joseph ; the apparent stunting in Lakes Hertel and Vinet.

During their first three years of life, the yellow perch in La Grande-Anse and Iles-de-la-Paix grow at the same rate but later, there is, in La Grande-Anse, a

consistently faster growth than in Iles-de-la-Paix. In the fourth, fifth and sixth year the perch from La Grande-Anse are 4, 11 and 15% longer than those from Iles-de-la-Paix.

In Lake St. Joseph, by comparison to other places, the growth of the yellow perch shows a unique feature with its almost linear growth rate for the first six years of life. Whereas at all stations, there is a marked drop in the growth rate beyond the fourth year, the yellow perch of Lake St. Joseph maintains a constant growth producing fish which at 6 years old are almost equal in length to those of La Grande-Anse.

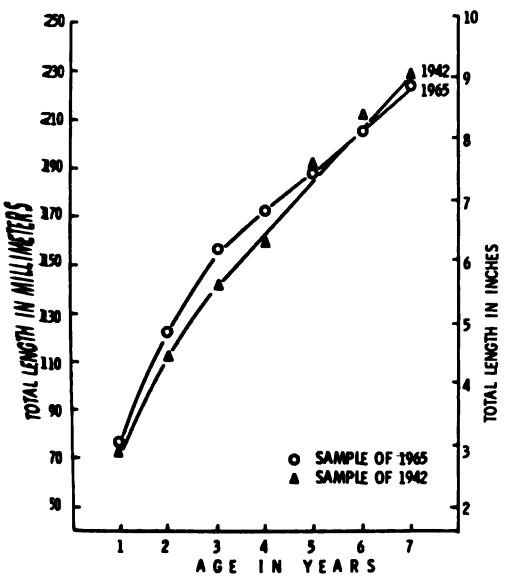


Figure 4. Relationship between the age and the total calculated length of two samples of yellow perch caught in different years at Îles-de-la-Paix, lake St. Louis.

The comparison of the growth of the yellow perch at Iles-de-la-Paix between samples taken in 1942 and 1965, is illustrated in Figure 4. The growth curves indicate a remarkable similarity of linear growth among these two samples and show that although the environmental conditions have certainly changed over the years, the growth of the yellow perch has not been markedly affected.

Discussion

This study of the yellow perch in various habitats of Québec revealed that it takes four to five years to produce a harvestable fish, that the females always attain larger size and that stunting may develop in some areas.

GROWTH HISTORY

The growth of a fish and the growth of its bones (scales, otoliths, opercular bones, etc.) are proportional, and the relation between them yields a linear or a curvilinear regression (Rounsefell and Everhart, 1953, p. 322). From the regression line the length of the fish at previous ages (back calculation), and its growth history can be estimated.

These calculated growth histories of various year-classes of yellow perch of various origins revealed a distinct relation to their habitats. Between 1960 and 1965 the growth rates of the yellow perch in La Grande-Anse, Iles-de-la-Paix and Missisquoi Bay were quite constant (see Table III) but showed a continuous decline in Lakes Hertel and St. Joseph.

It appears that large open bodies of water offer stable conditions for growth by providing the required equilibrium between the food supply, the necessary cover and predation. This stability of the growth rates in the St. Lawrence River basin is further supported by the very similar growth curves of 1942 and 1965 at Iles-de-la-Paix (see Figure 4). Despite the profound changes of water quality that Lake St. Louis has certainly experienced over the last 25 years due to expanded urbanization and industrialization, it is remarkable that the growth of the fish has not markedly been altered.

TABLE III

Mean total length at capture and mean calculated length at each annulus of male and female yellow perch captured at various locations in Québec in 1965

LA GRANDE-ANSE	MALES							
AGE (YEARS)	NUMBER OF FISH	TOTAL LENGTH AT CAPTURE, (MM.)	MEAN CALCULATED LENGTH AT END OF YEAR OF LIFE (MM.) 1	2	3	4	5	6	7
1	9	104	73						
2	13	133	84	121					
3	41	164	80	126	155				
4	24	179	80	124	155	179			
5	10	208	81	127	164	188	208		
6	2	225	82	120	160	192	210	225	
GRAND AVERAGE			80	124	158	186	209	225	
MEAN ANNUAL INCREMENT			80	44	34	28	23	16	

LA GRANDE-ANSE	FEMALES							
1	11	107	72					
2	33	134	80	122				
3	71	168	80	127	158			
4	24	190	84	129	167	190		
5	17	218	78	124	161	196	218	
6	12	247	79	122	164	199	229	247
GRAND AVERAGE			79	125	162	195	223	247
MEAN ANNUAL INCREMENT			79	46	37	33	28	24

ILES DE LA PAIX	MALES							
AGE (YEARS)	NUMBER OF FISH	TOTAL LENGTH AT CAPTURE, (MM.)	MEAN CALCULATED LENGTH AT END OF YEAR OF LIFE (MM.) 1	2	3	4	5	6	7
1	8	89	75						
2	4	145	72	129					
3	11	168	83	128	160				
4	22	182	75	115	154	174			
5	21	193	75	113	143	168	185		
6	22	204	80	120	154	175	191	203	
7	6	215	75	118	150	172	188	202	215
GRAND AVERAGE			76	120	152	172	188	202	215
MEAN ANNUAL INCREMENT			76	44	32	20	16	14	13

ILES DE LA PAIX	FEMALES							
1	10	89	78					
2	17	136	72	122				
3	28	168	76	119	154			
4	21	189	73	114	152	180		
5	10	200	73	111	143	174	193	
6	9	212	74	122	154	184	202	212
7	16	228	77	124	152	177	198	217	228
GRAND AVERAGE			75	119	151	179	198	214	228
MEAN ANNUAL INCREMENT			75	44	32	28	19	16	14

MISSISQUOI BAY	MALES							
AGE (YEARS)	NUMBER OF FISH	TOTAL LENGTH AT CAPTURE, (MM.)	MEAN CALCULATED LENGTH AT END OF YEAR OF LIFE (MM.) 1	2	3	4	5	6	7
1	4	112	67						
2	4	134	64	97					
3	3	175	68	105	150				
4	11	200	78	119	147	176			
5	23	212	67	104	140	166	189		
6	24	222	69	110	144	178	195	211	
7	15	230	69	109	141	171	194	210	222
GRAND AVERAGE			69	107	144	173	193	210	222
MEAN ANNUAL INCREMENT			69	38	37	29	20	17	12

MISSISQUOI BAY	FEMALES							
1	3	115	70					
2	4	125	71	99				
3	7	181	74	108	146			
4	24	210	76	116	148	178		
5	47	220	65	101	141	172	199	
6	22	240	72	112	150	188	211	228	
7	16	249	72	112	146	180	207	228	240
GRAND AVERAGE			71	108	146	179	206	228	240
MEAN ANNUAL INCREMENT			71	37	38	33	27	22	12

LAKE HERTEL	MALES							
AGE (YEARS)	NUMBER OF FISH	TOTAL LENGTH AT CAPTURE, (MM.)	MEAN CALCULATED LENGTH AT END OF YEAR OF LIFE (MM.) 1	2	3	4	5	6	7
1	33	82	68						
2	15	103	62	90					
3	20	113	65	90	107				
4	15	128	68	94	113	124			
5	12	134	70	98	116	125	134		
6	8	150	66	91	111	123	139	150	
7	5	157	70	95	111	122	135	147	157
GRAND AVERAGE			67	93	112	123	136	148	157
MEAN ANNUAL INCREMENT			67	26	19	11	13	12	9

LAKE HERTEL	FEMALES							
1	40	82	68					
2	19	102	65	91				
3	19	116	67	93	111			
4	21	132	71	100	117	128		
5	16	141	72	101	120	132	141	
6	12	155	72	98	115	131	146	155	
7	10	170	75	100	120	134	144	159	170
GRAND AVERAGE			70	97	117	131	144	157	170
MEAN ANNUAL INCREMENT			70	27	20	14	13	13	13

TABLE III (continued)

Mean total length as capture and mean calculated length at each annulus of male and female yellow perch captured at various locations in Québec in 1965

LAKE ST. JOSEPH			MALES						
AGE (YEAR)	NUMBER OF FISH	TOTAL LENGTH AT CAPTURE (MM.)	MEAN CALCULATED LENGTH AT END OF YEAR OF LIFE (MM.)						
			1	2	3	4	5	6	7
1	39	83	66						
2	14	115	64	98					
3	43	157	69	113	141				
4	32	173	68	106	139	165			
5	11	213	74	126	159	186	209		
6	8	236	72	132	174	203	222	236	
GRAND AVERAGE			69	115	153	185	215	236	
MEAN ANNUAL INCREMENT			69	46	38	32	30	21	

LAKE ST. JOSEPH			FEMALES						
1	29	82	64						
2	6	122	72	104					
3	15	160	71	114	144				
4	6	171	66	110	138	161			
5	5	218	80	129	163	193	216		
6	3	240	68	123	175	208	225	240	
GRAND AVERAGE			70	116	155	187	220	240	
MEAN ANNUAL INCREMENT			70	46	39	32	33	20	

In Lake Hertel, a small and warm eutrophic lake, the stunting phenomenon of the yellow perch has not yet been stabilized. The history of the abundant fish fauna (8 species) described by Grimaldi (1967) in Lake Hertel is unknown but the thick vegetation cover and continuous fishing for the northern pike (*Esox lucius*) certainly favour a high survival of the yellow perch which increases beyond the limits of an optimum food supply.

In Lake St. Joseph, the declining growth rate within the calculated growth history is still more pronounced than in Lake Hertel. The records of the Québec Wildlife Service [3] suggest that the yellow perch was introduced between 1956 and 1958 ; these records also indicate that the smallmouth bass was introduced in 1932 and the walleye in 1956 and 1958. These two fishes plus the native lake trout may have played a significant role in keeping in check the newly established yellow perch. There are however, no recent evidence of the walleye (*Stizostedion vitreum*) nor of the lake trout (*Salvelinus namaycush*) and the smallmouth bass (*Micropterus dolomieui)* is subjected to sport fishing thus reducing predation upon the yellow perch which now seems to progress toward stunting.

[3] Personal communication from Bernard Vincent, Service de la faune du Québec, St-Faustin, Co. Terrebonne, Québec.

COMPARISON BETWEEN MALES AND FEMALES

The observed faster growth of female yellow perch, agrees with the observations of Carlander (1950), Eschmeyer (1938), Hasler and Wisby (1958), and Hile and Jobes (1940, 1942) ; these authors showed that on the average, this differential growth between sexes, occurs only when perch reach the age of three or four years old. In the present study, the time of which this differential growth rate between sexes appears is of special interest. At all four stations in the immediate area of Montréal, differential growth occurs at three years of age, whereas in Lakes St. Joseph and Vinet, the growth difference first appears when the perch are four years old (see Figure 2).

The time of occurrence of this differential growth between males and females in the areas studied may well represent the attainment of sexual maturity. At all stations, the absolute increments in length decline beyond the age where differential growth first appears. This decline, according to Schneberger (1935), and Jobes (1933), (1952), may be correlated with the attainment of sexual maturity. We may therefore deduce that, in La Grande-Anse, Iles-de-la-Paix, Missisquoi Bay and Lake Hertel,

the yellow perch reaches maturity at the age of three, and in Lakes St. Joseph and Vinet, at the age of four years.

These estimates agree with Herman *et al.* (1964), who state that, the yellow perch in Lake Mendota, Wisconsin, (90° W, 43° N), may reach sexual maturity at the age of two years, but farther north (no specific place stated by the authors), they become sexually mature at three ; this is supported by Kennedy (1949), who found that the yellow perch of Lake Manitoba (99° W, 51° N), become mature between the ages of three and four. Finally, Fortin et Magnin (1972), suggest that time to reach sexual maturity is clearly related to growth rates and found in La Grande-Anse that sexual maturity of the yellow perch is attained at three years old but with some delay among females.

It therefore appears that the yellow perch in Lakes St. Joseph (74° W, 45° 58′ N) and Vinet (75° W, 46° 28″ N) would become mature at the age of four, that is, one year later than in the Montréal area to the south (45° 05′ N and 45″ 22′ N), showing a strong relation to latitudinal distribution.

COMPARISON OF THE VARIOUS HABITATS

This study revealed beyond doubt that the quality of the environment markedly influences the growth of the yellow perch. If the lengths of six year old fish from all six stations are compared (Figure 3) there appear to be distinct groups : La Grande-Anse, Lake St. Joseph, Missisquoi Bay and Iles-de-la-Paix produce fish which are comparable in length to those of other North American waters (see Table I). Opposite to this the yellow perch of Lakes Hertel and Vinet show marked stunting.

In Lake St. Louis the growth in La Grande-Anse is better than at Iles-de-la-Paix suggesting different popu within the same body of water b parated by the deep channel of t Lawrence Seaway. This is furthe ported by Fortin's (1970) taggi periment in La Grande-Anse wher of the marked yellow perch were tured near the point of release. gical differences of the habitats m plain the different growth rate Grande-Anse is a large open ba moderately deep and clear wate porting a sparse vegetation. The at the sampling place of Iles-de- is shallow, very turbid and with dense vegetation. Compared to La de-Anse, these conditions are les able to the growth of the yellow as suggested by Van Oosten (194 Swingle and Smith (1941) who i that thick vegetation hinders sc activity for feeding and enhance tection against predators thus fa over-population.

The growth of the yellow perch sisquoi Bay is quite similar to the at Iles-de-la-Paix, and so are th ronmental conditions. In addition population may well develop fo the continuous removal of wall commercial fisheries. Maloney an son (1957) believe that there is perch-walleye relationship, and t abundance of one is often out o with the abundance of other.

In Lake St. Joseph, a small o phic lake of the Laurentians, the mouth bass and other predator coupled with lack of cover, have ly contributed to prevent overpo and thus allowed a growth com to that in the best waters of Nor rica. The study of the growth hist however previously shown that t ditions are fast deteriorating an ing may soon develop.

The growth of the yellow perch in Lakes Hertel and Vinet show similar stunting although the two lakes are markedly different. In Lake Hertel, the dense submerged vegtation in parts of the shoreline and the abundance of various species of sunfish are probably mostly responsible of the poor growth. Lake Vinet is a typical small but deep oligotrophic lake of the Laurentian and supports a limited submerged vegetation. Compared to Lake St. Joseph which provided a good growth of the yellow perch, marked stunting developed in Lake Vinet where the absence of predators, a limited food supply, can be accounted for the poor conditions of growth.

Conclusion

The yollow perch is a prolific and widely distributed fish but compared to several other cold and/or warm game fishes of Québec, it is a slow growing fish. It takes a minimum of four to five years to produce a harvestable fish (18 to 20 cm), and this, in optimum environments. In the absence of perdators or inadequate food supply, stunting develops and seriously curtails growth. This phenomenon was verified in two lakes, a cold and a warm one, which suggests that factors other than temperature alone, are responsible ; food supply, cover, predation and space available to each individual must play an important role to the overall economy of these populations.

Acknowledgements

Special thanks are addressed to Dr. David M. Steven, Professor of Zoology at McGill University for his encouragement and participation to the study. The authors also wish to recognize the assistance of various biologists at the Québec Wildlife Service, namely Mr. Vianney Legendre. Mr. Albert Courtemanche and Dr. Jean-René Mongeau for their assistance in the field and laboratory work.

Our appreciation is also extended to the Montréal Anglers and Hunters Inc. and the Molson Fishing Club for their generous scholarships.

References

BARDACH, J. E., 1955. The opercular bone of the yellow perch, *Perca flavescens*, as a tool for age and growth studies. *Copeia*, 2 : 107-109.

BERGERON, J.F., F. GUIBERT et B. VINCENT, 1971. Prélèvements de perchaudes (*Perca fluviatilis*) dans le district d'aménagement des Laurentides. Rapp. Serv. Faune Qué., No 6 : 133-148.

BERGERON, J.F., F. GUIBERT et B. VINCENT, 1971a. Étude biogéographique et contrôle de la perchaude (*Perca fluviatilis*) dans le district d'aménagement des Laurentides. Rapp. Serv. Faune Qué., No 6 : 169-180.

BRELAND, P., 1953. Manual of comparative anatomy. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, 2nd Ed., 256 p.

CARLANDER, K.W., 1950. Growth rate studies of saugers, *Stizostedion canadense canadense* (Smith), and Yellow perch, *Perca flavescens* (Mitchill). *Trans. Am. Fish. Soc.*, 79 : 30-42.

DEELDER, C.L., 1951. A contribution to the knowledge of the stunted growth of perch (*Perca fluviatilis*) in Holland. *Hydrobiologia*, 3 : 357-378.

ESCHMEYER, R.W., 1937. Some characteristics of a population of stunted perch. *Pap. Mich. Acad. Sci.*, 22 : 613-628.

ESCHMEYER, R.W., 1938. Further studies of perch populations. *Pap. Mich. Acad. Sci.*, 23 : 611-631.

FORTIN, R., 1970. Dynamique de la population de *Perca flavescens* (Mitchill) de la Grande-Anse, de l'île Perrot au lac St-Louis. Thèse de doctorat, Université de Montréal, 172 p.

FORTIN, R. et E. MAGNIN, 1972. Croissance en longueur et en poids des perchaudes *Perca flavescens* de la Grande Anse de l'île Perrot au lac Saint-Louis. *J. Fish. Res. Bd Can.* 29 : 517-523.

GRIMALDI, J., 1967. Comparative growth of the yellow perch, *Perca flavescens* in lakes and rivers in Québec. M.Sc. thesis, McGill University, 104 p.

HARKNESS, W.J.K., 1922. The rate of growth of the yellow perch (*Perca flavescens*) in Lake Erie. University of Toronto Studies, *Publ. Ont. Fish. Res. Lab.*, 6 : 89-95.

HASLER, A.D. and W. WISBY, 1958. Perch and lake research on Mendota. *Wis. Conserv. Bull.*, 23 (3): 1-5.

HERMAN, E., W. WISBY, L. WEIGERT and M. BURDICK, 1964. The yellow perch, its life history, ecology and management. *Wis. Conserv. Dep. Publ.* No. 228, 14 p.

HILE, R. and F.W. JOBES, 1940. Age, growth and production of the yellow perch, *Perca flavescent* (Mitchill) of Saginaw Bay. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 70 : 102-122.

HILE, R. and F.W. JOBES, 1942. Age and growth of the yellow perch in Wisconsin waters of Green Bay and northern Lake Michigan. *Pap. Mich. Acad. Sci.*, 27 : 241-266.

JOBES, F.W., 1933. Preliminary report on the age and growth of the yellow perch (*Perca flavescens* Mitchill) from Lake Erie, as determined from a study of its scales. *Pap. Mich. Acad. Sci.*, 17 : 643-652.

JOBES, F.W., 1952. Age, growth and production of yellow perch in Lake Erie. *Fishery Bull. Fish. Wildl. Serv. U.S.*, 52 : 205-266.

KENNEDY, W.A., 1949. Relationship of length and weight and sexual maturity to age in three species of Lake Manitoba fish. *Bull. Biol. Can.*, 81, 5 p.

LE CREN, E.D., 1947. The determination and growth of the perch (*Perca flu* from the opecular bone. *J. Anim. Ec* (2) : 188-204.

LEDUC, G., Y. GRAVEL, L.R. SEGUIN, E CENT and F. GUIBERT, 1973. The sodium cyanide as a fish eradicant ir Québec lakes. *Naturaliste can.*, 100 1-10.

MALONEY, J.E. and F.H. JOHNSON, 195 histories and interrelationships of and yellow perch, especially during th two summers, in two Minnesota lakes. *Am. Fish. Soc.*, 85: 191-202.

ROUNSEFELL, G.A. and W.H. EVEF 1953. Growth. In : Fishery science : thods and applications. p. 311-327. Wiley.

SCHNEBERGER, E., 1935. Growth of the *perch (Perca flavescens* Mitchill) in Silver and Weber lakes, Vilas Count consin. *Trans. Wis. Acad. Sci., Art* 29 : 103-130.

SWINGLE, H.W. and E.V. SMITH, 194 management of ponds with stunted pe pulations. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 71 105.

VAN OOSTEN, J., 1941. The age and gr the Lake Erie white bass, *Lepibema c* (Rafinesque). *Pap. Mich. Acad. Sci* 307-334.

VAN OOSTEN, J., 1944. Factors affect growth of fish. *Trans. Ninth North Am. Conf., Am. Wildl. Inst.*, p. 177-183.

Naturaliste can., 100 : 177-188 (1973).

UTILITÉ D'EMPLOI DES MÉTHODES GÉOPHYSIQUES POUR LOCALISER DES ZONES DE SULFURES DE COBALT ET DE CUIVRE EN IDAHO

M.K. SEGUIN

Département de géologie, Université Laval, Québec

Résumé

Le gisement de Blackbird situé dans la partie ouest du comté Lemhi, région centrale de l'État d'Idaho est localisé à quelque 40 milles des villes de Challis et Salmon. Ce gisement dont la minéralisation est composée presque exclusivement de chalcopyrite et cobaltine a commencé à être exploité en 1951 par Calera Mining Co. puis cessé de l'être en 1967. Idaho Mining Co. appartenant à part entière à Coastal Mining Co., elle-même une subsidiaire de Hanna Mining Co., possède maintenant cette propriété minière et poursuit des travaux intenses d'exploration dans le but de réouvrir ce gisement. Pour ce, de nouvelles zones minéralisées ou encore des extensions de veines déjà connues doivent être découvertes. Les méthodes géophysiques utilisées à cet effet sont les méthodes électromagnétiques (EM) avec émetteur fixe et récepteur mobile ou avec émetteur et récepteur mobiles, la méthode des potentiels spontanés (SP) et enfin les méthodes géochimiques avec prélèvement d'échantillon de sol et analyse subséquente pour le cuivre et le cobalt. Les zones d'intérêt économique semblent correspondre aux régions anomaliques suivantes : pour EM, angles d'inclinaison plus grands que 10° ; pour SP, différence de potentiel plus grande que −100 mV pour une distance de 100 pieds.

Abstract

The Blackbird orebody is located in the western portion of Lemhi County, central region of the State of Idaho, some 40 miles from Challis and Salmon. The mineralisation of this orebody is composed almost exclusively of chalcopyrite and cobaltite. Initially owned by Calera Mining Co., its operation started in 1951 and stopped in 1967. Idaho Mining Co. wholly owned by Coastal Mining Co., itself a subsidiary of Hanna Mining Co., now owns the property and is undertaking important exploration in order to try reopening the orebody.

For this reason, new ore zones and/or extensions of veins already known ought to be discovered. The geophysical methods used in this exploration program include ground electromagnetic technique (EM) with a fixed emitter and mobile receiver as well as mobile emitter and receiver, the self-potential method (SP) and finally soil geochemical methods and subsequent analysis for cobalt and copper. The zones of economic interest correspond roughly to the following anomalies : 1) tilt angles larger than 10° for the EM technique(s), 2) potential differences larger than — 100 mV (separation : 100 feet) for the SP method, and 3) concentration in cobalt and/or copper larger than 100 and/or 500 ppm respectively on the geochemical anomalies.

Introduction

Maintenant propriété de Hanna Mining, le gisement de Blackbird a appartenu jusqu'en 1960 à la firme Calera Mining Co., subsidiaire de Howe Sound Co., qui pssédait une usine de concentration à Cobalt, Idaho et une raffinerie à Garfield, Utah. Les procédés d'extraction et de purification du cobalt par méthode électronique ou de flotation sont décrits par Shelton (1948) et Mittchell (1957). La firme Howe Sound exploitait le gisement de Blackbird presque exclusivement pour son contenu en cobalt. En 1960, le gouvernement des États-Unis accusa une forte surproduction de cobalt, les subsides accordés à Calera Mining Co. furent retirés et la firme ferma ses portes. La firme Machinery Center, Incorporated acheta alors la propriété et exploita le gisement pour le cuivre jusqu'en 1966, époque à laquelle la demande et le prix du cuivre baissa jusqu'au point où l'opération dut cesser. La propriété a alors été rachetée par Idaho Mining Co. qui a entrepris depuis ce temps un programme intégré d'exploration et de développement dans le but d'extraire surtout du cuivre et du cobalt mais aussi de petites quantités d'or et d'argent.

Le gisement de Blackbird est situé dans le secteur ouest du comté Lemhi à quelque douze milles à l'O.N.O. de Cobalt, dans le centre de la forêt nationale de Salmon, et au sud-ouest de la localité de Salmon. Le district de Blackbird est limité au nord par le district de Mackinaw, à l'est par le district d'Eureka et au sud-ouest par le district de Yellow Jacket. La région se présente sous forme de vastes montagnes à sommets aplatis sillonnées de canyons profonds et à pentes abruptes, généralement de l'ordre de 40° ; l'altitude varie entre 5000 et 9500 pieds. L'exploration géophysique s'effectue donc en grande partie à dos de cheval.

En 1943, la firme Howe Sound a acquis des propriétés dans la région des zones minéralisées de Buckeye et Uncle Sam. Plusieurs milles pieds de forage en 1943, contribuèrent à la découverte de deux nouvelles zones, soit Chicago et Brown Bear. Le développement sous-terre débuta en 1945 et la production en 1951. En 1954, des travaux d'exploration additionnels permirent de découvrir deux zones minéralisées au nord-ouest de la zone Brown Bear, il s'agit des zones Blacktail et Horsehoe. En 1955-56, on découvrit deux autres veines importantes soit les zones Idaho et Dandy.

Géologie

L'histoire géologique de cette région se résume à la formation d'énormes masses granitiques (probablement intrusions batholitiques) à l'époque archéenne (orogénie de Kenora, $-2.49 * 10^9$ années) suivie d'une période de sédimentation très étendue à l'époque protérozoïque supérieure (ère hadrynienne, $-7.90 * 10^8$ années), puis d'une déposition de calcaires dolomitiques, calcaires purs, shales et quartzites durant l'ère paléozoïque (Cambrien, Ordovicien, Silurien, Dévonien et Carbonifère). À la fin de l'ère mésozoïque (Crétacé supérieur) et/ou au début du Cénozoïque (Tertiaire inférieur, Paléocène ?), il y a eu intrusions de relativement grandes masses de granite accompagnées d'intrusions postérieures d'un grand nombre de dykes de diverses compositions. À l'Eocène, une érosion très marquée a eu lieu tandis que des coulées de laves (rhyolites, trachytes, dacites, latites, andésites et basaltes), des tuffs et des sédiments lacustres sont caractéristiques des roches du Miocène et du Pliocène dans les grandes vallées rencontrées dans la région. Finalement, la glaciation

a attaqué les régions plus élevées que 7,000 pieds (214 m) durant le Pléistocène.

Le district de Blackbird est composé de quartzites impurs, d'ardoises et de schistes d'âge précambrien (Protérozoïque supérieur, ère hadrynienne) faisant partie de la formation Yellow Jacket de la série Belt.

Ces quartzites sont orientées dans la direction est-ouest ou nord-ouest avec un pendage modéré vers le nord et l'est. Au sud, les roches précambriennes sont recouvertes par les roches volcaniques d'âge tertiaire de la région de Challis tandis qu'au nord, elles sont recoupées par des intrusifs granitiques du batholithe d'Idaho (Crétacé supérieur) et des roches associées. Il y a peu d'affleurements à l'exception de ceux trouvés sur les pentes des canyons. Les quartzites précambriens dérivés de sédiments marins en eau peu profonde sont composés de lits argileux et sablonneux finement laminés et peuvent être subdivisés en quatre unités distinctes, soient les unités : Haynes Stellite, West Fork, Lookout et finalement Blackbird. Ces unités sont souvent séparées les unes des autres par des failles mais elles semblent toutefois représenter des horizons stratigraphiques différents. L'unité Haynes Stellite est un quartzite massif presque pur contenant de fins cristaux de cobaltine associée à des zones de petits cristaux de tourmaline, de silicification et de brèches. L'unité West Fork est un quartzite pur finement lité, fortement métamorphisé. On rencontre passablement de gossans dans cette unité. L'unité Lookout est constituée de schistes à quartz et biotite ayant un litage bien marqué et une schistosité évidente dans les régions plissées. Cette unité qui était originalement une arkose ou un grauwacke a été recoupée par des dykes de latite riche en quartz associés aux roches volcaniques tertiaires dans la partie sud ; la minéralisation est presque absente dans cette unité. L'unité Blackbird localisée au centre du district est constituée d'un schiste et souvent d'un gneiss à quartz et biotite ; un métamorphisme intense et une déformation structurale ont donné naissance à un grand nombre de zones de cisaillement et de failles locales qui rendent la roche perméable à la minéralisation ; l'unité Blackbird a donc une grande importance économique.

Les quartzites micacés déformés de l'unité Blackbird ont une épaisseur stratigraphique estimée à environ 3 milles. À cause de la grande intensité du métamorphisme régional, de la déformation structurale, de la succession monotone des bandes pâles et foncées et enfin des changements de facies causés plutôt par déformation locale que par les conditions de sédimentation, il est impossible de tracer des lits, groupes de lits ou horizons marqueurs dans toute l'unité.

Localement, le degré du métamorphisme varie et l'on peut reconnaître les zones riches en grenats ou les facies à grenat, chlorite, cordiérite et chloritoïde. En dépit du fait que les failles n'aient pas une largeur impressionnantes, les déplacements sont souvent importants étant de l'ordre de centaines à quelque mille pieds. Le chevauchement de la zone grénatifère sur la zone à quartz et biotite semble résulter d'un dernier stage de force en compression en provenance de l'intrusion granitique avoisinante dans la partie nord. La transformation en grenats dans les bandes riches en biotite des schistes est fort probablement le résultat d'augmentation de température et de pressions en provenance de l'intrusion granitique.

Les seules roches intrusives de quelque importance que l'on rencontre dans

le district de Blackbird sont des dykes, soit des gabbros à grain grossier et altérés en une couleur brunâtre en surface, soit des lamprophyres riches en biotite rouge et brune ainsi qu'en carbonates de calcium et de fer en plus des feldspaths. Ces dykes d'âge crétacé supérieur sont généralement riches en minéralisation sulfuré et se sont introduits le long des plans de failles ou parallèlement à la stratification des schistes. L'emplacement des gabbros et les lamprophyres est antérieur au métamorphisme régional, de sorte que ces intrusifs qui ont été complètement recristallisés et recoupés par des failles transversales ont perdu une bonne partie de leur composition originale.

Structure

Une cartographie détaillée du gisement de Blackbird et de la région avoisinante indique la présence d'un grand nombre de plis majeurs à grande longueur d'onde plongeant dans la direction nord accompagnés de centaines de petits plis accessoires à courte longueur d'onde. Les axes de ces plis plongent à environ 40° vers le nord et les plans axiaux sont orientés dans la direction nord-sud et ont un pendage quasi vertical. Les zones de *Brown Bear, Dandy* et *Blacktail* sont localisées dans de telles structures anticlinales asymétriques. Les résultats géophysiques et géochimiques indiquent la présence d'une structure synclinale minéralisée au sud du flanc est de l'anticlinal de la zone *Dandy*.

En plus des structures plissées, des systèmes de fracture et en particulier le système orienté dans la direction N.N.O. avec un pendage de 40°S.O. ont favorisé l'infiltration de la minéralisation et en particulier de la chalcopyrite. Il existe aussi un grand nombre de failles dans la région. Des systèmes de failles de diverses catégories ont été observés, cependant les deux systèmes prédominants sont les failles normales orientées nord-ouest avec pendage modéré vers le nord-est et les failles normales ou inverses orientées nord-sud avec pendage sub-vertical. La majorité des failles ont été emplacées avant l'avènement de la minéralisation de sorte que le déplacement des zones minéralisées est généralement indépendant de la direction originale du mouvement des failles, ce qui suggère des réajustements mineurs pendant ou après l'injection de la minéralisation. Les cisaillements qui sont d'une importance primordiale en ce qui a trait à l'emplacement et la localisation des zones minéralisées sont également très communs. Deux types de cisaillements sont prédominants : 1) les cisaillements nord-sud avec pendages prononcés soit à l'est soit à l'ouest et qui sont orientés parallèlement aux plans axiaux des plis majeurs et 2) les cisaillements nord-ouest à pendages modérés qui résultent du déplacement différentiel de petits lits de quartzite sur des couches minces de minéraux micacés plus plastiques.

Minéralisation

La minéralisation se rencontre dans deux types de gisements : a) veines et remplissages de fractures et b) remplissements irréguliers (surtout le long de zones de cisaillements) sous forme de lentilles, disséminations, lodes et masses irrégulières qui sont distribuées spatialement de telle façon qu'ils ressemblent à des veines irrégulières. Tous les gisements découverts à date dans cette région se situent dans les schistes et quartzites protérozoïques ou dans les dykes basiques qui les recoupent. Généralement parlant, les gisements formés par remplissages de fractures sont moins âgés (Miocène) que les gisements formés par remplacements (Crétacé supé-

ieur et/ou Paléocène). La genèse des ;isements a une prépondérance aux rem-ılacements. Les gisements de cuivre, ıickel et cobalt sont confinés aux ro-:hes sédimentaires protézoïques du listrict de Blackbird de la partie cen-rale ouest du comté Lemhi.

La minéralisation primaire se compose ;urtout de chalcopyrite et de cobaltine. .es autres minéraux cobaltifères sont l'arsénopyrite, la pyrite, riches en cobalt et la safflorite. Les autres sulfures sont la pyrrhotine nickelifère et la pyrite ; on rencontre aussi de l'or et de l'argent en petite quantité et de la magnétite. Les principaux minéraux de la gangue sont par ordre d'importance : le quartz, la biotite, la hornblende, la tourmaline, la chlorite, la muscovite, l'ankérite, la sidérose, la calcite et l'apatite. Parmi les minéraux secondaires, on rencontre la chalcosine, la bornite, la cuprite, le cuivre natif, la covelline, la malachite, la vivianite ($Fe_3 (PO_4)_2 . 8 H_2O$) et la ludlamite ($Fe_3 (PO_4)_2 . 4 H_2O$). La zone d'enrichissement secondaire se prolonge à une profondeur moyenne de 100 pieds à partir de la partie inférieure de la zone d'altération. Il n'y a pas d'enrichissement secondaire en cobalt mais il y a enrichissement secondaire en cuivre dans cette zone.

Les produits d'oxydation de la zone d'altération sont les suivants : limonite, pyrolusite, goethite, hématite, bismuth natif, jarosite ($KFe_3(SO_4)_2 . (OH)_6$), erythrine ($Co_3As_2O_8 . 8 H_2O$), biebertite ($Co SO_4 . 7 H_2O$), hétérogénite ($Co OH_2$) et quelquefois nontronite ($(Fe, Al) Si_2 O_5 (OH). n H_2O$) et pitticite ($Fe^{+++}{}_2 As O_4 SO_4 OH . n H_2O$). La surface de lixiviation a une épaisseur moyenne allant de 60 à 100 pieds ; elle épouse de façon assez rigoureuse la topographie et augmente considérablement dans les régions poreuses ou ex-

Figure 1. Photographie de l'usine de concentration à Cobalt, Idaho.

Figure 2. Photographie de la raffinerie de cobalt et de cuivre à Garfield, Utah.

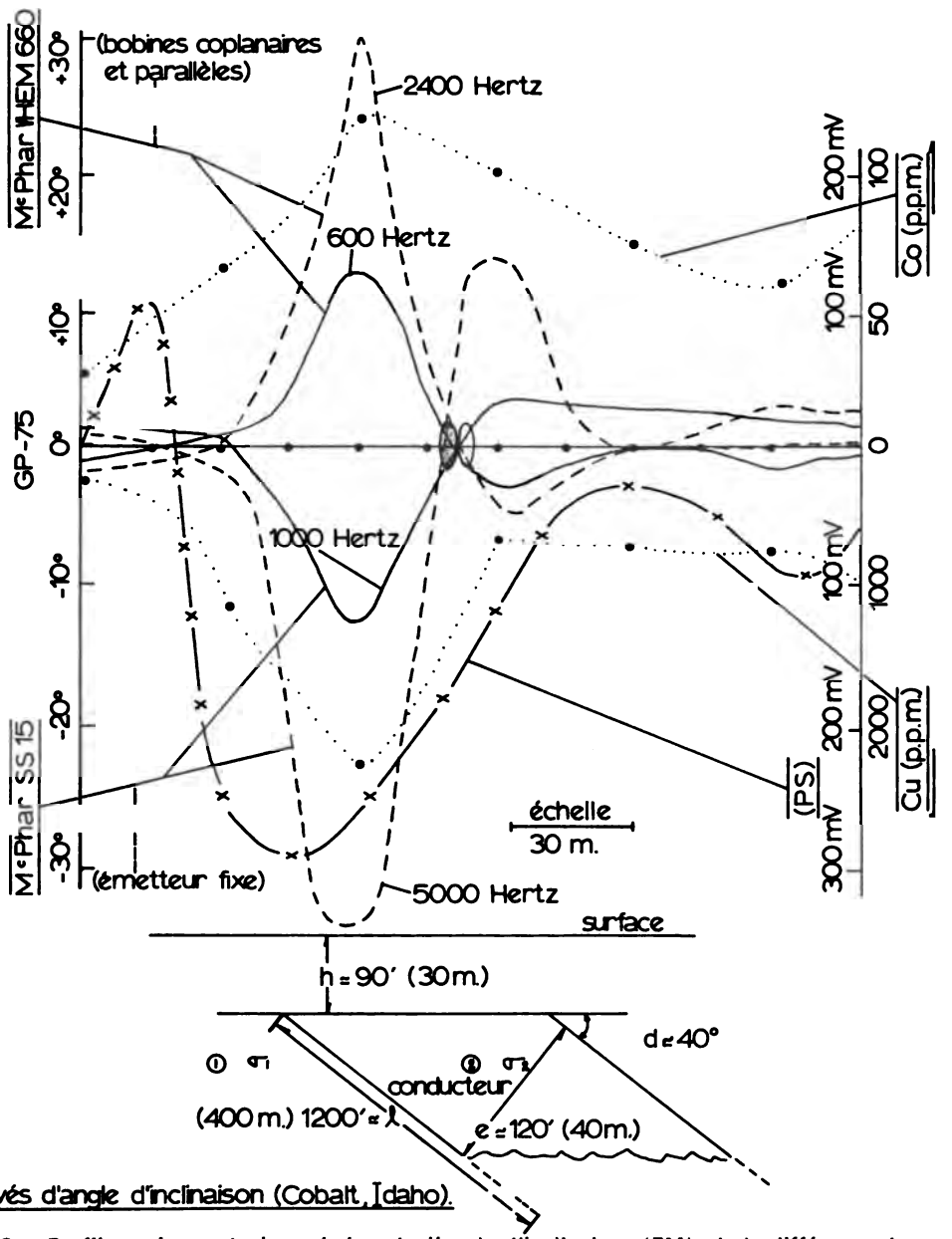
cessivement déformées. Cette zone possède une concentration accrue d'oxydes de fer et ne fournit que très rarement des valeurs économiques de cuivre ou de cobalt. Le batholithe granitique Idaho est définitivement une des causes du métamorphisme et de la déformation structurale des schistes de Blackbird. Les solutions hydrothermales qui sont à la source du remplacement des quartzites et des schistes peuvent provenir du granite mais plus probablement d'un réservoir situé sous le granite qui a dissipé une partie de ses émanations.

Prospection géophysique

Afin de pouvoir couvrir les frais occasionnés par la ré-ouverture du moulin à Cobalt (figure 1) et la raffinerie jadis opérée par Refining Machinery à Garfield, Utah, quelque 15 milles à l'ouest de Salt Lake City (figure 2), il faut découvrir quelque 2½ millions de tonnes de minerai rentable à ajouter au quelque 2½ millions de tonnes déjà en réserves. Grâce à des recherches métallurgiques avancées relatives à la technologie du cobalt, l'extraction de ce tonnage minimum permet de réaliser des profits attrayants.

Afin de trouver d'autres zones minéralisées qui permettent d'obtenir les réserves anticipées et nécessaires à la réalisation technique du projet, on a fait l'emploi de deux et occasionnellement trois méthodes électromagnétiques, de la polarisation spontanée, et de relevés géochimiques avec prélèvement d'échantillons de sol et analyse subséquente de la concentration en cuivre et cobalt. Ces relevés soit complets, soit partiels, ont permis de localiser diverses autres zones minéralisées dont celles de *Sunshine, Conicu II, Copper Mountain, Togo* et *Tinkers Pride* et enfin de découvrir des extensions aux zones déjà connues dans le gisement de Blackbird proprement dit. On a d'abord procédé à un relevé EM à l'aide d'un appareil de longue portée (2000 pieds), modèle SS15, fabriqué par

lcPhar Geophysics. L'émetteur fixe est ɔmposé d'un grand cable triangulaire ɔosition de l'axe de l'émetteur fixe en ɡne par rapport au récepteur) maintenu ɹivant la verticale dans lequel circule ı courant alternatif alimenté par une génératrice de 300 Watts émettant à des fréquences simultanées de 1000 et 5000 Hertz. Le récepteur mobile mesure les angles d'inclinaison aux deux fréquences ce qui permet d'estimer la conductance (le produit conductivité-épaisseur d'un



ɡure 3. Profils typiques de la variation de l'angle d'inclinaison (EM), de la différence de poten-ɜl (PS) et de la concentration en cuivre et cobalt dans les sols (ppm) au-dessus d'une lentille inéralisée (remplacement) ; il s'agit ici d'une extension de la zone minéralisée : Dandy.

corps tabulaire minéralisé) d'une anomalie. La profondeur de pénétration est relativement grande (maximum de 1000 pieds ≈ la demi-séparation entre l'émetteur fixe et le récepteur) et ce système a l'avantage d'être peu affecté par les dénivellations topographiques. Dans les relevés de détail, on a utilisé le système VHEM 660 fabriqué par McPhar Geophysics en premier lieu avec émetteur fixe et récepteur mobile et en second lieu avec émetteur et récepteur mobiles suivant la configuration des deux bobines coplanaires et parallèles (lignes parallèles et séparation de 500 pieds entre la ligne). Les résultats obtenus ont permis de déterminer la position des zones conductrices, leur profondeur d'enfouissement sous la zone de lixiviation qui n'est généralement pas conductrice, de calculer le pendage et l'étendue en profondeur de la zone conductrice et enfin d'en estimer de façon qualitative son degré de conductivité.

Les zones conductrices les plus favorables sont celles où les anomalies EM, SP, et géochimiques correspondent (figure 3). On a donné une première priorité aux anomalies où la réponse au signal EM indique des angles d'inclinaison plus grands ou égaux à 10° et un rapport de l'amplitude maximum pour une émission à basse fréquence sur l'amplitude maximum pour une émission à haute fréquence égale ou plus grande que 0.60, où la différence de potentiel des anomalies SP est plus grande que −100 mV pour une distance de 100 pieds, soit un gradient de 1 mV pi^{-1}, et enfin où le concentration en cuivre est plus grande ou égale à 500 ppm et/ou celle en cobalt est plus grande ou égale à 100 ppm.

La zone minéralisée *Sunshine* a laissé voir neuf endroits très favorables repartis sur diverses veines, lentilles ou filons retracés à l'aide de relevés géophysiques et géochimiques. Treize autres zones favorables correspondant aux spécifications mentionnées plus haut ont été découvertes sur des extensions de veines déjà conues dans l'enceinte du gisement de Blackbird proprement dit. Cinq zones favorables additionnelles ont été trouvées sur des conducteurs localisés dans la région de *Copper Mountain.* Enfin, trois autres endroits très favorables ont été localisés dans la zone *Conicu II.* Par contre, la zone de *Togo* n'apparaît pas être prometteuse à cause du petit nombre de conducteurs rencontrés et la mauvaise conductivité des zones. Jusqu'à date, des forages systématiques ont conduit à la découverte de quelque 2 millions de tonnes de minerai rentable de Cu et Co. Il ne reste donc qu'à trouver un demi million de tonnes additionnelles pour relever le défi. Cinq zones prometteuses ont été détectées dans la région de *Tinkers Pride.* Les relevés géophysiques laissent prévoir la présence de trois veines particulièrement favorables ; ces veines ont apparamment une bonne conductivité mais leur épaisseur ne semble pas être grande. On va procéder dans le futur au forage de cette région difficile d'accès. Signalons en dernier lieu que les relevés géophysiques sont particulièrement utiles dans l'interprétation des éléments structuraux (e.g. veines parallèles, plis dans des zones minéralisées, failles, zones de cisaillement). Comme de tels éléments structuraux contrôlent l'emplacement et la localisation des zones minéralisées, les renseignements fournis par les diverses méthodes géophysiques sont d'autant plus utiles.

Si Hanna Mining décide d'exploiter le gisement de Blackbird appartenant à Idaho Mining, ce sera le plus grand producteur de cobalt sur le continent Nord-Américain et le seul et unique aux États-Unis. Ce gisement représente donc une importance stratégique.

Conclusion

combinaison des méthodes élec-
ıétiques, de la polarisation spon-
t géochimique (des sols) a dé-
une supériorité et une grande
té par rapport à d'autres métho-
ventionnelles utilisées antérieure-
ans la prospection de gisements
, et en particulier des métaux de
ls que le cuivre, le cobalt et le
:rouvés dans des gîtes minéraux
ɔlacement ou de remplissage ca-
tiques des régions en bordure des
intrusifs acides des Cordillères
ɜst des États-Unis. Les masses ir-
es et tabulaires de minéralisation
ıéralement quelques dizaines de
'épaisseur et la conductance élec-
est alors suffisamment élevée
ınner lieu à une anomalie électro-
ique de terrain. La différence de
ıl créé par la présence d'une zone
ne de minéralisation secondaire
produits d'oxydation au-dessus
ouche endogène est suffisamment
pour donner lieu à des anomalies
ırisation spontanée pouvant être
ɜs sur le terrain. Les régions ano-
s intéressantes au point de vue
ique sont ensuite sélectionnées
ɔlémentées par des analyses chi-
(Cu, Co et No) des sols.

Références

ɔN, A. L., 1943. A preliminary report
cobalt deposits in the Blackbird District,
County, Idaho. *Pamph. Idaho, Bur.*
Geol., 61.

bert N., 1918. Mining industry of Idaho
ɔ18. Twentieth annual report of the
industry of Idaho for the year 1918,
-104.

'illiam, C., 1956. Geology of the Black-
Mine. Unpublished paper presented in
ber 1956.

:LL, J. S., 1957. How Calera solved
ırgical problems at Garfield cobalt plant.
Vld., 19 (7) : 54-56.

REED, G. C. and J. A. HERDLICK, 1948. Blackbird cobalt deposits, Lemhi County, Idaho. *Rep. Invest. U.S. Bur. Mines*, 4012, 14 p.

ROEDDER, Edwin W., 1955. Report on the mineralogy of the cobalt ores from the Calera Mining Company, Cobalt, Idaho. University of Utah.

SEGUIN, M. K., 1970. Quantitative interpretation of the vertical loop E. M. survey, (fixed transmitter and broadside array), self-potential survey and geochemical survey in the Blackbird Mine area, Idaho Mining Co. Private report for Hanna Mining on the 1st of June, 18 p.

SEGUIN, M. K., 1970. Geophysical interpretation (fixed transmitter and broadside array E. M. techniques, self-potential and geochemical) of the Sunshine Zone, Cobalt, Idaho Mining Co. Private report to Hanna Mining Co. on the 3rd of June, 7 p.

SEGUIN, M. K., 1970. Geophysical interpretation (fixed transmitter dip angle method and broadside array technique, self-potential and geochemical) of the Copper Mountain area, Cobalt, Idaho, Idaho Mining Co. Private report to Hanna Mining on the 4th of June, 10 p.

SEGUIN, M. K., 1970. Quantitative interpretation of the fixed transmitter dip angle method and broadside technique, self-potential and geochemical surveys on the Conicu II area, Cobalt, Idaho, Idaho Mining. Private report to Hanna Mining on the 5th of June, 5 p.

SEGUIN, M. K., 1970. Preliminary interpretation of the dip angle electromagnetic survey (fixed transmitter technique), self-potential survey and geochemical survey on the Togo Zone area, Cobalt, Idaho, Idaho Mining. Private report to Hanna Mining on the 9th of June, 3 p.

SEGUIN, M. K., 1970. Interpretation of the self-potential and geochemical surveys of the Tinkers Pride area, Cobalt, Idaho, Idaho Mining Co. Private report to Hanna Mining on the 13th of June, 6 p.

SEGUIN, M. K., 1970. Final quantitative interpretation on the McPhar vertical Loop E. M. Survey (dip angle method, fixed transmitter technique) on the Togo Zone, Conicu II area, Copper Mountain area, Sunshine Zone, and Main Blackbird Mine area as well as interpretation of additional self-potential survey on the Main Blackbird Mine area, Cobalt, Idaho, Idaho Mining Co. Private report sub-

mitted to Hanna Mining Co. in Hibbing, Minnesota, on the 31st of August, 16 p.

SEGUIN, M. K., 1971 a. Semi-quantitative interpretation of the aeromagnetic maps of an area located in Montana and Idaho States and bounded by latitudes 47° and 48°30′ N and parallels 114°30′ and 116°30′ Open file Report to Hanna Mining Co. June 8th, 1971, 10 p.

SEGUIN, M. K., 1971 b. Geophysical interpretation of a « Mineral Property in Washington Basin, Custer County, Idaho ». Private report for Hanna Mining Co., June 16th, 1971, 5 p.

SEGUIN, M. K., 1971 c. La géophysique et les propriétés physiques des roches. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 562 p.

SHELTON, F. K., J. C. STAHL et R. E. CHURCHWARD, 1948. Electrowinning of cobalt from cobaltite concentrates. *Rep. Invest. U.S. Bur. Mines*, 4172, 98 p.

SHENON, P. J., R. P. FULL, H. L. BAUER, Jr., and D. M. SNYDER, 1955. Geologic study of the Blackbird — Big Deer Creek Area, Blackbird mining District, Lemhi County, Idaho, for Northfield Mines Inc., June.

UMPLEBY, J. B., 1913. Geology and ore deposits of Lemhi County, Idaho, *Bull. U.S. geol. Surv.* No. 528.

VHAY, J. S., 1948. Cobalt — copper deposits of the Blackbird District, Lemhi County, Idaho. *Prelim. Rep. U.S. geol. Surv.* Strategic Minerals Investigations, 3-219.

WEAVER, W. M., Jr. 1958. Brief in support of request for extension of Calera cobalt contract to the Honorable Roger A. Hardy, Assistant Secretary of the Interior, Interior Department, Washington, D. C., 20 p.

REVUE DES LIVRES

:R, E.W., 1972. **The Dynamics of the** . An introduction to Physical Geology. as Y. Crowell, New York, Fitzhenry & ıside, Toronto, xiii + 649 p., 667 fig., ıb. 21.5 x 24 cm. Relié, $13.15.

tudiants des Sciences de la Terre dis- maintenant d'une grande variété de : situation avantageuse que n'ont jamais leurs aînés. On pourrait alors penser que re géologique fait désormais partie de ıtion générale des étudiants québécois. on serait loin de la réalité. Non seule- s départements de géologie sont-ils en- moins fréquentés, mais la majorité des s cégépiens et universitaires en connais- ins long sur ce sujet que sur celui des ; d'automobiles et des hallucinogènes. pas paradoxal de constater qu'au mo- ême où les plus conscients parmi nous des cris d'alarme pour sauver de la ion le milieu de vie de l'*Homo sapiens*, ıurs des programmes scolaires se sou- ssi peu d'inculquer aux jeunes les con- :es fondamentales qui leur permettraient ıuvrir la place qu'ils occupent sur cette ? L'enseignement de la géologie nous ussi essentielle que celle de plusieurs matières actuellement au programme, lle permet d'asseoir sur des bases soli- notions mêmes de l'existence. C'est en t la terre dans le système cosmique, en sa composition et son évolution que ı peut saisir les valeurs profondes. Si s de géologie avaient pour seul résultat oquer une réflexion intelligente collec- ıvironnement ne serait probablement pas enacé qu'il l'est présentement.

ıur de *The Dynamics of the Earth* semble ɔmpris l'urgente nécessité d'étoffer la géologique des jeunes en mettant à leur on un ouvrage bien informé et très at- puisqu'il précise dès le début que la ı constitue la clef de l'environnement ɔ, d'où son rôle dans la société.

les manuels du même niveau que nous ıons, celui-ci se révèle d'une qualité net- supérieure, en plus d'être d'un prix mo- ıi le rend accessible à tous. Il est bien rédigé, aéré, se manipule très facilement et témoigne de qualités pédagogiques trop souvent absentes dans ce genre d'ouvrage. L'illustration est particulièrement remarquable par son abondance, la qualité des clichés et de leur reproduction. Il comprend cinq parties subdivisées en 25 chapitres, avec en plus cinq appendices, un glossaire (25 p.), une bibliographie (12 p.) et un index (12 p.).

L'auteur commence par parler des matériaux composant la croûte terrestre, puis il aborde la question fondamentale des océans et celle des modifications constantes de l'épiderme de la terre (la géomorphologie) avant d'aborder les grandes questions de la physique et de la structure du globe. D'aucuns trouveront le plan discutable. C'est un fait. Néanmoins, il faut reconnaître qu'il suit une progression logique et que les diverses parties forment des unités facilement détachables que le maître et l'étudiant peuvent déplacer à volonté. D'ailleurs une table de matières détaillée permet de s'orienter facilement et de trouver rapidement l'objet de sa recherche. C'est là une qualité que ne possèdent pas la plupart des ouvrages de cette catégorie.

Chaque chapitre contient de multiples subdivisions et est accompagné d'un schéma du contenu, d'une liste de termes, d'un questionnaire pertinent permettant de vérifier les connaissances acquises et d'une courte orientation bibliographique. De plus, les tableaux récapitulatifs sont fort utiles, bien qu'ils ne soient pas très abondants. Les exemples choisis sont en majorité américains, mais on trouve ici et là quelques exemples canadiens, européens et néo-zélandais.

L'ouvrage est destiné aux étudiants de premier cycle universitaire mais pourrait aussi être utilisé par les cégépiens s'il y avait un enseignement adéquat des Sciences de la Terre à ce niveau. Considérant l'absence, au Québec, de bon manuels de géologie en langue française, en dehors des livres provenant de la mère patrie et non adaptés à nos exigences, l'on pourrait suggérer aux éditeurs une traduction adaptée aux besoins des Québécois. Cet excellent manuel pourrait alors devenir un ouvrage de base pour les étudiants du CEGEP et du premier cycle universitaire.

Bref, c'est avec satisfaction que nous accueillons ce nouveau venu et que nous le recommandons à tous ceux qui désirent acquérir les notions de base de la géologie physique.

Jean-Claude DIONNE

Centre de recherches forestières des Laurentides
Environnement Canada, Québec

GARY, M., McASIE, R. and WOLFE, C. L., (eds.), 1972. **Glossary of Geology.** American Institute, Washington, xiv + 805 p. et 52 p. d'appendice. 19 x 26 cm. Relié-carton, $22.50.

Dans tout langage, une bonne compréhension implique que l'on s'exprime avec clarté et précision. Il s'avère donc fondamental de disposer d'outils efficaces permettant de connaître le sens réel des termes et des expressions. Les scientifiques, à l'instar des littéraires, se sont justement appliqués depuis quelques dizaines d'années à colliger dans des fichiers et des recueils les termes et les expressions propres à leurs spécialités. Bien que l'on compte déjà plus d'une centaine de dictionnaires, glossaires ou vocabulaires des Sciences de la Terre, le spécialiste est souvent ennuyé lorsqu'il veut recourir à l'un d'eux, car plusieurs sont épuisés, d'autres difficiles à obtenir, et les bibliothèques du Québec sont, en général, relativement dépourvues dans ce domaine. La publication du *Glossary of Geology* de l'*American Geological Institute*, en comblant jusqu'à un certain degré une lacune, se révèle donc une initiative heureuse. Désormais le chercheur, l'enseignant, l'étudiant, le correcteur d'épreuves, ou toute autre personne, disposeront d'un ouvrage de référence sur le langage des géologues ; ouvrage relativement complet et à prix raisonnable qui peut facilement être acquis.

Ce dictionnaire de 33,000 termes et expressions succède à ceux de deux éditions de rodage parus en 1957 et 1960 qui en contenaient respectivement 14,000 et 18,000. Par rapport aux éditions antérieures, il présente un visage nouveau ou plus exactement un nouveau maquillage puisque la plupart des définitions n'ont pas été entièrement refondues. Il est dû à un groupe de spécialistes dont la patience et la tenacité méritent l'admiration et des félicitations. Il couvre un vaste champ qui déborde largement celui de la géologie proprement dite. Par son titre même, il laisse percevoir déjà un certain conservatisme de la part d'un groupe dont la réputation en ce domaine se passe de commentaires, notamment chez nous. Il aurait été plus exact de l'intituler : Dictionnaire de Sciences de la Terre ; d'abord parce qu'il s'agit bien d'un dictionnaire et non d'un simple glossaire, et que d'autre part il contient des termes et des expressions relevant d'un large éventail : astrologie, cartographie, cristallographie, géochimie, géochronologie, géomorphologie, géophysique ; géologie appliquée, économique, glaciaire, marine, historique, statistique, structurale, tectonique ; géologie des roches ignées, métamorphiques, sédimentaires et volcaniques ; glaciologie, hydrogéologie, météorologie, minéralogie, paléobotanique, paléoclimatologie, paléoécologie, paléontologie, palynologie, océanographie, stratigraphie et volcanologie.

Dans l'ensemble, les définitions sont assez claires ; plusieurs sont laconiques, d'autres prolixes. La présentation suit l'ordre alphabétique, mais lorsqu'un terme ou une expression relève de plusieurs disciplines, on indique les divers sens. Plusieurs définitions renvoient aux auteurs qui ont proposé le terme ou l'expression. C'est pourquoi l'ouvrage est accompagné d'une bibliographie d'une cinquantaine de pages. Malheureusement les références ne sont pas toujours exactes. Par exemple, on attribue à Hamelin (1961) la création du terme *lyell* pour désigner les sédiments transportés par les icebergs alors que cette initiative revient à Lougée (1960).

Malgré tout le bien que nous pensons de ce très utile guide, nous exprimerons ici quelques réserves et une certaine déception. D'abord il s'agit d'un ouvrage exclusivement de langue anglaise destiné de toute évidence à ceux qui ne parlent que cette langue, même s'il est évident que d'autres l'utiliseront avec profit. Quand on le compare avec d'autres dictionnaires, notamment ceux publiés en Europe, on constate une nette infériorité du fait qu'aucun équivalent dans aucune autre langue n'est fourni. Il ne s'agit peut-être pas d'une lacune sérieuse, mais il est certain que cette déficience réduit considérablement l'utilisation de l'ouvrage pour ceux qui ne sont pas de langue anglaise. Il serait souhaitable alors que les auteurs songent à le compléter par un vocabulaire multilingue. Ce serait faire preuve d'une grande souplesse, d'intelligence et d'ouverture d'esprit qu'en Amérique on exige volontiers des autres.

D'aucuns trouveront que 33,000 termes et expressions constituent une lourde charge. Nous pensons au contraire que c'est insuffisant pour couvrir convenablement tout le champ des Sciences de la Terre. Si l'on tient vraiment à l'efficacité d'un ouvrage de référence, il se doit par

on d'être complet. Celui-ci serait peut-
ffisant si les auteurs avaient passé au
e « jargon des géologues » et n'avaient
que ce qui mérite de l'être. Malheureu-
ce n'est pas le cas. Des termes et expres-
arement utilisés et souvent peu heureux
consignés alors que d'autres, d'usage
urant, n'apparaissent pas.

ans l'ensemble les définitions sont assez
honnêtes et précises, plusieurs laissent
er et d'autres sont inadéquates voire
erronées. Par exemple, celle du terme
que l'on définit comme la partie d'une
ableuse couverte par la mer uniquement
s marées de vive eau ; celle de l'expres-
dpole nest (plutôt *tadpole hole*), définie
une structure sédimentaire liée à des
de courants d'interférence, alors qu'en
il s'agit bien d'une structure ou d'une
orme d'origine biologique, c'est-à-dire
action des têtards ; celle de l'expression
pavement qui est mal définie et incom-
uisqu'on ne parle pas de la disposition
des cailloux ni de l'origine glacielle et
des plus beaux dallages qui soient

auteurs ont fait preuve trop souvent de
atisme en n'apportant pas les modifica-
u les corrections qui s'imposaient. Parce
erme ou une expression a été employée
propos par un auteur qui en ignorait le
act, ce n'est pas une raison suffisante
perpétuer l'usage. Au contraire, c'était
on idéale pour éliminer les inexactitudes
usages abusifs ou erronés. De plus, les
n'ont pas su, dans de nombreux cas,
ssortir le sens général d'un terme ou
expression ; par exemple, le terme *chat-*
qui comprend trois définitions et dont
ière est de loin la meilleure. Comment
ur peut -il faire un choix judicieux quand
urs n'ont pas osé le faire ? Il existe sou-
manque évident de continuité dans les
ons et parfois des contradictions qui peu-
gendrer beaucoup de confusion ; ce qui
nadmissible pour un ouvrage de référence
e nature. Ainsi, on définit le terme *groove*
une forme en creux, linéaire et étroite
r un objet sur une surface meuble, alors
sait très bien qu'il s'en forme dans les
consolidées (cannelures glaciaires et
laciaires, par exemple). Par contre, au
oving, on ne parle plus de roches meu-
ais exclusivement de « *rock surface* ».

pourquoi il convient de signaler qu'au-
u tape-à-l'œil qui est principalement dû aux dimensions impressionnantes de l'ouvrage, il existe des lacunes regrettables qui appellent des améliorations. Dans la présente édition, on constate un manque de fini et d'uniformité dans les définitions, une trop grande diversité et surtout une prise de position non équivoque de la part des auteurs pour éliminer les mauvais usages et les termes ou les expressions superflus.

Malgré ses imperfections, le *Glossary of Geology* de l'*American Geological Institute* constitue un ouvrage de référence indispensable que les spécialistes des Sciences de la Terre et des Sciences Naturelles devraient posséder.

Jean-Claude DIONNE

Station de recherches forestières
des Laurentides
Environnement Canada, Québec

PATIL, G. P., PIELOU, E. C. and WATERS, W. E., (eds.), 1971. **Statistical Ecology.** Volume 1: Spatial patterns and statistical distributions. Volume 2 : Sampling and modeling biological populations and population dynamics. Volume 3 : Many species populations, ecosystems, and systems analysis. The Pennsylvania State University Press, University Park and London, 1 : xxviii + 582 p., 2 : 402 p., 3 : 462 p. 16 x 24 cm. Clothbound, volume 1-3 : $43.50.

The problems ecologists study are essentially statistical. All ecology, therefore, is ultimately statistical ecology. In the volumes under review are collected the proceedings of a symposium on statistical ecology held in New Haven, Conn. in August 1969. The editors state in their preface that « the primary objective of the symposium was to provide opportunity for contact and communication between quantitatively oriented ecologists and mathematicians — statisticians — systems analysts familiar with biological systems. » Such an undertaking certainly has much to recommend it, since many ecologists have become aware of the statistical nature of the phenomena they are studying. Moreover, ecology is rapidly changing from natural history into a natural science : where formerly one was faced with a mass of seemingly uncorrelated facts, general patterns emerge, creating order where no order was apparent and unifying the vast field of ecology. Several recent ecology textbooks witness this change in emphasis from description to the study of structure and function, and they provide some nice examples of the unification that such an approach can bring about.

Mathematics, being the tool *par excellence* to tackle complex problems, has come to play an ever more important role in ecology. The popularity of « model building », « systems analysis » and « simulation techniques » (are there any words that are misused more than these three ?) indicates that ecologists are trying hard to formalize their ideas, to find simple mathematical descriptions for the phenomena they observe. Of course there are different « schools, emphasising rather different aspects of ecological processes, and the volumes of statistical ecology » bear ample evidence of these differences in approach. But the main trend is clear : given a number of similar patterns in time and space, what are the essential features of these patterns (i.e. the ones that recur, that are invariant in some sense), and what are accidental features, i.e. the ones that should enter the model as initial conditions and parameter values. To separate the accidental from the essential, and thus make a theory that is predictive, requires a good knowledge of ecology and biology in general. On the other hand a not inconsiderable mathematical expertise is required to formulate one's ideas unambiguously and to derive their logical consequences. Since most biologists lack an extensive mathematical training and, conversely, the biological training of most mathematicians is rather minimal, cooperation between ecologists and mathematicians is essential. That the two groups have some difficulties in communicating becomes very clear if one reads *Statistical Ecology*. Fortunately there are also very encouraging examples of what can be achieved : e.g. a paper by Lefkovitch on the invariants of population growth, a thorough investigation by Bowman *et al.* on the distribution of indices of diversity, a very interesting paper by Kane on the concept of ecological spectra, and a thorough discussion by Mertz on differences in life history phenomena in increasing and decreasing populations, to mention but the ones that I found most fascinating.

There is much more, of course, that is worth mentioning in these three volumes, starting with two special addresses by F. J. Anscombe and by G. E. Hutchinson. Both are, as one might expect of these eminent scientists, eloquent essays, and well worth reading. In the first volume then, are collected papers on spatial patterns and statistical distributions. There are many papers in this volume that would rather belong in a mathematical or statistical journal. Others were clearly written by statisticians concerned with the way statistical distributions are used (and misused) by ecologists. There is, for example, a very clear introductuory ar Kemp, a paper by Rao on the logarithmi and one by Gurland and Hinz on the binomial. But the study of spatial dist is only one small area of ecological (and perhaps not even a very promis because of the variability or small scal patterns).

The second volume deals with the and modeling of biological populations population dynamics. Here we find, besid of the papers already mentioned, an in paper by Mead on models for interpla petition, some timely papers on the involved in distance sampling in plant nities, and a debatable but interestin by Holling and Ewing on very complex si models.

The third volume concerns itself wi species populations, ecosystems, and analysis. There are several more si studies here, one of which (the paper by shows nicely the usefulness of this app only to avoid the complicated mathem stochastic processes). Dagnelie gives mary of multivariate statistical analysis Smith points out the problems that pl logists face in choosing the appropriate s techniques for analyzing their data, a are two papers on the use of informatic in ecology by Orloci and Dale respective papers are of a general interest, like I investigation of the distribution of a c used similarity coefficient, and Mountfo cription and derivation of a test of the d between two clusters.

In all, the majority of the 62 papers three volumes is devoted to what could 'pattern' ecology (10), statistical dist and comments upon their use (9), and s ecology in a strict sense (9). There are that deal with simulation techniques, on sampling theory, 4 on 'process' ecol population dynamics), 4 on resource ment, and some 14 other papers. Four do not belong in a book on statistical at all (like a 27-page article on the b of the flour beetle in the laboratory).

It seems a pity that there is such emphasis on the more statical parts of (one fight feel inclined to read 'statical in the title, rather than 'statistical e Many interesting directions of research represented in these volumes : topics

cation of statistical mechanics to ecology, ›gical implications of population genetics, y of the niche, stabilization of animal num- to mention but a few, could all be brought r the general heading of statistical ecology.

ıvertheless, the three volumes of *Statistical ›gy* form an important collection of papers variety of ecological and statistical pheno- ı. Discussions on some of the papers are ıe point and informative. Other discussions sometimes the lack of discussion) reveal difficulties that ecologists and statisticians in communicating. It seems that there is ed much that the two sides have to learn each other. Yet, the beginning is quite ıising.

ıe production of the books is satisfactory, there is quite a large number of printing 's (pages 62 and 63 ought to be switched). ›rtunately there is no index. Their high price distine these books to become library books, they should be in the library of every ecology tute.

Robert van HULST

ırtment of Plant Sciences
'ersity of Western Ontario
lon, Ontario

SS, C. and SINGER, J. E., 1972. **Urban ress.** Experiments on Noise and social ressors. Academic Press, New York and ›ndon, 173 p. illus. 13 x 20 cm. Relié-toile,).75.

ɜ nos jours il est de plus en plus question problèmes relatifs aux effets traumatisants a vie dans les grandes villes. Ces effets tent de plusieurs contraintes (stress) dont on physiologique et psychologique semble ılative. Dans le présent ouvrage, les auteurs, étudier de façon expérimentale le proces- de traumatisation (stressing) ont choisi un de contrainte urbaine, le bruit, qui, on le fait partie de l'éventail des multiples pol- :s qui caractérisent les grandes agglomérā- urbaines.

est important de souligner que cet ouvrage ɜ fruit d'une longue série d'expériences dont rotocole est d'une remarquable perfection. ffet, les organismes soumis au « stress » du sont des humains et non des animaux de ratoire ; les bruits étudiés sont une combi- ›n de plusieurs bruits enregistrés simultanément sur ruban magnétique et reproduits au cours des expériences à des intensités différentes exprimées en décibels ; les sujets en expérience sont soumis à l'action de ces bruits suivant des séquences régulières ou irrégulières, pendant une durée qui est toujours la même ; les réactions autonomes au bruit sont déterminées par des mesures simultanées de conductance de la peau, de vasoconstriction au niveau des doigts et du potentiel d'action musculaire au niveau du cou et de l'avant-bras ; la durée des mesures est de 23 minutes, le bruit étant d'une durée de 3 secondes, mais répété à périodes fixes ou erratiques, et à des intensités de 108 décibels, bruits forts, ou 56 décibels, bruits faibles. De plus, les auteurs font intervenir le facteur de prévision ou imprévision de la production du bruit chez les sujets en expérience.

En ce qui concerne les effets traumatisants obtenus à la fin des expériences, les auteurs en font l'évaluation par une analyse statistique du comportement, comme la diminution du rendement au travail et la diminution de la précision dans l'accomplissement d'une tâche minutieuse. Et ceci n'est qu'un résumé du protocole expérimental, qui nous semble le plus adéquat pour mettre en évidence les effets d'un « stress » sur la réaction du système nerveux autonome et, par ricochet, sur l'activité du système des glandes endocrines. Ces effets physiologiques se traduisent extérieurement par des manifestations psychologiques ou de comportement. *Urban Stress*, d'une haute valeur scientifique, ne fait pas que démontrer le pouvoir de l'être humain de s'adapter dans une certaine mesure à des contraintes, mais il prouve quelle est la limite de ce pouvoir d'adaptation et aussi quelle est la rançon physiologique et psychologique de cette adaptation. Autrement dit, cet ouvrage dissocie nettement, — dans la notion de « stress », les constituants contrainte, réaction et traumatisme. Dans le dernier chapitre, les auteurs tirent des conclusions pratiques de leurs résutlats ; ces conclusions d'ordre sociologique sont aussi un plaidoyer en faveur de mesures législatives concernant la limitation des bruits au même titre que celle des autres agents polluants des grandes villes.

Tous les psychologues, tous les sociologues et tous les urbanistes ont intérêt à lire l'ouvrage de G. Glass et J. E. Singer.

J.-L. TREMBLAY

Département de biologie
Université Laval, Québec

BENTON, A. H. and WERNER, W. E. jr., 1972. **Manual of Field Biology and Ecology.** Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, 5th ed., vii + 400 p., ill. 21.5 x 28.0 cm. Broché, $6.75.

L'écologie est une science éminemment naturelle. Elle exige, sans doute, des développements théoriques solides mais, elle nécessite, plus qu'aucune autre science, des exercices pratiques dans la nature elle-même. Pour comprendre les relations complexes qui lient l'organisme à son habitat, l'écologiste doit être capable de l'identifier, de connaître sa distribution, ses exigences et son comportement. Il doit savoir observer intelligemment et récolter des spécimens et manipuler un arsenal d'instruments de plus en plus complexes, allant du microscope aux enregistreuses électroniques et aux télédétecteurs.

Le but de ce manuel, qui en est à sa cinquième édition, est de préparer l'étudiant-débutant, à ce type d'études, en lui fournissant autant d'information de base que possible pour l'introduire au vaste domaine de l'écologie moderne. Les neuf sections du volume traitent, dans cette optique, successivement, du matériel et des techniques utilisés pour la collection, la conservation et l'observation des spécimens, de la taxinomie, de l'étude des communautés terrestres, de l'étude des communautés aquatiques, de la structure et du fonctionnement des écosystèmes, de l'étude des populations, de l'étude du comportement animal, de la conception d'un projet de recherche et des références bibliographiques.

Chaque section est divisée en plusieurs chapitres ; chacun d'entre eux étant abondamment documenté, illustré de schémas et pourvu de feuillets d'observation conçus pour la prise de notes au cours de l'expérience suggérée. Le tout se termine par un index des matières avec renvois au texte et aux illustrations. C'est un manuel très utile que nous recommandons pour l'enseignement pratique de l'écologie générale et pour l'initiation à la recherche écologique.

Miroslav M. GRANDTNER

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

TRICART, J., 1972. **La terre, planète vivante.** Collection : *Les précis de l'enseignement supérieur.* Presses univ. France, Paris, 183 p., ill. 11.5 x 17.5 cm. Broché, prix non indiqué.

Le but de ce petit livre est de faire prendre conscience au lecteur du caractère vivant de notre planète. C'est-à-dire de lui faire voir « comment les phénomènes de la vie s'insèrent dans le milieu physique et comment ils [en] modifient fondamentalement les caractères et l'évolution » (p. 9). L'auteur s'insurge contre ceux « qui affirment, comble de l'inconscience, que le progrès technique supprime les contraintes physiques [et qui] ont alors bonne conscience pour se cantonner dans les études fondées uniquement sur des aspects historiques, sociologiques et économiques et pour jeter par-dessus bord l'étude du milieu physique » (p. 6). S'adressant plus particulièrement aux géographes, il affirme qu'« une vraie géographie, soucieuse de l'Homme, attentive à la prospective de notre époque, ne doit pas ignorer l'écologie » (p. 7) et il entreprend alors de démythifier cette science auprès d'eux en leur expliquant en quoi consiste le travail des écologistes et comment peut s'y insérer celui des géographes.

Le livre est divisé en quatre chapitres. Un premier, intitulé *La marque des êtres vivants sur le milieu* traite des forces en présence, des sources d'énergie, de la structure du milieu physique et des interactions. Le deuxième en décrit un exemple : *Le cycle d'eau* depuis l'arrivée de l'eau à la surface du sol et de son travail morphogénétique, en passant par ses nombreuses fonction en dessous de la surface du sol, jusqu'à son écoulement et son retour dans l'atmosphère. La notion de l'interdépendance entre les divers éléments du milieu qui ressort de cet exemple présente une importance pratique considérable. Elle mène à *L'étude intégrée du milieu écologique*, sujet du troisième chapitre. L'auteur y examine les études des ressources en eau, en terres et les diverses méthodes d'approche. Le quatrième chapitre, enfin, est consacré à l'examen de l'*impact de l'homme sur l'environnement* : les mécanismes de dégradation anthropique, leur étude et l'intervention de l'homme au niveau régional en sont les principaux sujets.

La conclusion générale est un cri d'angoisse devant « l'irruption de la technique dans les conditions écologiques, dans la biosphère » (p. 182) et un plaidoyer pour une « solidarité de l'Homme avec tous les autres êtres vivants » (p. 182). Elle fait ressortir la place spéciale de « l'homme [qui] s'insère dans les écosystèmes, mais .... d'une manière particulière du fait de sa puissance technique, de son organisation sociale, de ses préoccupations économiques. Comment interfère-t-il avec le milieu, avec le reste de la biosphère ? Voilà la question la plus

celle qui commande notre avenir et celui :re planète » (p. 183).

livre-synthèse pour les débutants, écrit 'le télégraphique saccadé, avec l'intention nvertir les géographes à l'écologie et de téresser davantage à l'étude des « condi- écologiques » c'est-à-dire à l'étude du mi- hysique.

Miroslav M. GRANDTNER

tement d'écologie et de pédologie
'sité Laval, Québec

SEL, L., 1972. **Photologie forestière.** Mas- & Cie, Paris, 144 p., ill. 16 x 24 cm. tonné, prix non indiqué.

ıteur est bien connu pour ses travaux por- sur la lumière et le rayonnement solaire ır influence sur les plantes, en particulier 'bres forestiers. Depuis 1952, il a publié 'e d'ouvrages faisant état de ses propres 'ches en cette matière et passant en revue 'avaux de divers auteurs dans plusieurs Cette fois, Roussel résume l'ensemble de ıcherches et met au point ses conceptions rnant les radiations solaires et leur mode on sur la vie du milieu forestier.

te brochure comprend quatre parties. Dans emier chapitre, l'auteur présente des con- tions générales sur le rôle du rayonnement ıl, émis par le soleil et par le ciel, sur les ons vitales des végétaux : photosynthèse, ation, croissance. Le deuxième chapitre est cré à l'étude physique du rayonnement ıl. L'auteur y décrit les divers appareils de e du rayonnement solaire, l'intensité et ıriations de celui-ci en plein découvert et ıodifications, en quantité et en qualité, tées dans le milieu forestier.

troisième chapitre porte sur les effets ıologiques du rayonnement solaire sur les ıux. Les phénomènes biologiques passés vue sont le photopériodisme, les rythmes iques, la germination, la croissance, la on carbonnée, la respiration et la trans- ın. L'ouvrage se termine par l'étude des ons observées chez les végétaux, en parti- chez les semis d'arbres, aux variations ıyonnement solaire et par l'esquisse de ıes applications au traitement des forêts.

Cet ouvrage est bien documenté et abondamment illustré. Sa lecture sera profitable avant tout aux écologistes de même qu'à l'étudiant et au chercheur que le facteur lumière intéresse.

Paul-E. VÉZINA

Département d'aménagement
et de sylviculture
Université Laval, Québec

DUGAN, P.R., 1972. **Biochemical Ecology of Water Pollution.** Plenum Press, New York-London, 159 p. 16 x 24 cm. Relié, prix non indiqué.

Sous une forme assez condensée, ce livre traite des principaux problèmes biochimiques de la pollution de l'eau. Après des considérations générales sur la pollution et sur la chimie de l'eau, l'auteur, dans la deuxième partie du livre, explique, d'une façon simple, la dégradation des principaux polluants organiques : polysaccharides, protéines, lipides, hydrocarbures et hydrocarbures chlorés.

La troisième partie du livre traite particulièrement de deux problèmes écologiques importants : la pollution causée par l'exploitation minière et le phénomène de l'eutrophication des lacs. Ce dernier phénomène est un processus naturel qui est important comme principe de l'écologie évolutionnaire mais que l'homme a inconsciemment accéléré à un tel point qu'il est devenu la cause de dommages sérieux, dans bien des cas plus importants que ceux causés par les poisons-déchets d'usines. Cette troisième partie du livre aurait été plus complète et le livre certainement encore plus utile dans notre milieu si l'on avait inclus un chapitre sur la pollution par les industries papetières, bien que certains aspects en soient traités sous les titres dégradation des polysaccharides et dégradation de la lignine.

Malgré sa taille relativement modeste, ce livre contient une foule d'informations qui pourront être utiles à toute personne engagée dans la bataille pour l'eau pure.

Yvon LAFLAMME

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

SATTERLUND, D. R., 1972. **Wildland watershed management.** Ronald Press, New York, vii + 370 p., 25 tab., 57 fig. 15 x 23 cm. Relié, $12.00.

Ce volume traite de l'aménagement des ressources naturelles des territoires vierges dans le but de protéger ou d'améliorer la ressource-eau. Il remplit un besoin : celui d'intégrer sous un même couvert les divers aspects de l'hydrologie, de l'écologie, de la pédologie et de la météorologie qui sont la base scientifique de l'aménagement des bassins hydrographiques.

Le texte est divisé en quatre parties. La première traite des problèmes d'approvisonnement en eau et des approches possibles pour solutionner ces problèmes. Dans la deuxième partie on décrit les processus qui contrôlent les composantes terrestres (précipitation – interception, infiltration, écoulement, stockage, évaporation, fonte de neige, érosion) du cycle hydrologique. La troisième partie traite de la manipulation des écosystèmes dans le but de contrôler la quantité, la qualité ou le régime des eaux. Quoique tous les exemples proviennent d'expériences menées aux États-Unis (il n'y a pas de résultats disponibles pour le Canada) les principes qui y sont discutés seront sûrement utiles à tous les aménagistes. La dernière partie concerne la phase appliquée de l'aménagement des bassins hydrographiques en territoire vierge. L'auteur discute des étapes de l'aménagement, de la planification à l'application, tout en tenant compte des lois et des facteurs socio-économiques en cause.

C'est un ouvrage de référence qui devrait être consulté par les aménagistes du territoire forestier. La matière est très bien disséquée et appropriée à l'enseignement au niveau du premier cycle.

André P. PLAMONDON

Département d'aménagement
et de sylviculture
Université Laval, Québec

THOM, H. S. C., 1972. **Quelques méthodes de l'analyse climatologique.** Organisation météorologique mondiale, Genève, Note technique no 81, 60 p. 22 x 28 cm. Broché, prix non indiqué.

Dans le traitement statistique des données climatologiques, il existe deux difficultés de base : la notion de population et les caractéristiques bien distinctes des différents phénomènes atmosphériques. Puisque des scientifiques de formations très diverses doivent utiliser le concept du climat dans leurs travaux, cette note technique leur permettra de contourner les problèmes inhérents aux données de base.

D'une façon simple, élégante et bien présentée, l'auteur du livre subdivise le sujet de la façon suivante : 1. les séries climatologiques, notion, homogénéité et ajustement des moyennes climatologiques ; 2. les paramètres des populations, définition et variabilité ; 3. les distributions de fréquences, corrélation et régression.

Cette publication attache une grande importance aux notions de base et leur définition pour ensuite bien illustrer, à l'aide d'exemples numériques, leurs applications. L'analyse climatologique a souvent pour objectif la prévision ou une projection sur le comportement du phénomène dans le futur ; de ce fait, une attention toute spéciale a été portée à cet aspect dans le volume. L'auteur illustre bien la nécessité d'utiliser les seuils de confiance des estimations de probabilités. La liste des références n'est pas tellement élaborée mais inclut les principaux textes sur le sujet.

Ce document est à la portée de toutes les personnes possédant quelques notions de base en statistiques et devrait être utile à tous ceux qui veulent analyser d'une façon adéquate les données obtenues d'une station ou d'un réseau climatologique.

Rénald C. NAUD

Département d'aménagement
et de sylvicurture
Université Laval, Québec

DIRECTIVES AUX AUTEURS

ORIENTATION DE LA REVUE

On peut soumettre au Naturaliste canadien des *articles inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche dans le domaine de l'écologie fondamentale et appliquée, de la taxonomie, de la morphologie ou des sciences de la terre. Tout manuscrit sera jugé en fonction de l'originalité des résultats et de l'interprétation. Les revues thématiques ne seront acceptées que si elles donnent lieu à d'importantes généralisations scientifiques. Des *articles courts* (maximum de quatre pages dans la revue) peuvent être acceptés comme "Communications brèves" s'ils découlent d'une recherche de qualité.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les manuscrits, dactylographiés à double interligne sur le recto de feuilles de 21.5 X 28 cm, seront expédiés en trois exemplaires au Secrétaire de la rédaction.

Les éléments du manuscrit sont les suivants : (1) le titre ; (2) le nom de l'auteur ; (3) le nom et l'adresse de l'institution à laquelle appartient l'auteur ; (4) un titre courant d'un maximum de 60 lettres et espaces (sur une page séparée) ; (5) les résumés français et anglais (maximum de 300 mots) ; (6) le texte ; (7) sur des feuilles séparées, les tableaux (numérotés en chiffres romains), les légendes des figures (numérotées en chiffres arabes) et les références bibliographiques.

TEXTE

La Direction de la revue recommande le plan suivant : introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusion, remerciements et références bibliographiques.

On tiendra compte des remarques suivantes : (1) les caractères soulignés d'un trait simple sont composés en italiques ; (2) les notes inframarginales devront être réduites à un strict minimum et numérotées consécutivement ; (3) pour les unités de mesure, on utilisera de préférence le système métrique, (4) on évitera les appendices, et d'ailleurs la Direction de la revue ne s'engage pas à en publier plus d'une page.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elles seront indiquées dans le texte par le nom de l'auteur et l'année de publication. Dans la liste, à la fin du manuscrit, elles seront citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, en s'inspirant des exemples suivants :

LEGENDRE, L., 1971. Production primaire dans la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). *Naturaliste can.*, 98 (5) : 743-773.

MACARTHUR, R. H. and J. H. CONNELL, 1966. The biology of populations. John Wiley & Sons, New York, 200 p.

PARKER, P. L. and J. A. CALDER, 1970. Stable carbon isotope ratio variations in biological systems, p. 107-127. *In :* D. H. Hood (ed.), Symposium on organic matter in natural waters. University of Alaska, 625 p.

Les titres des périodiques devront être abrégés suivant la "World List of Scientific Periodicals" (édition de 1963).

ILLUSTRATIONS

La Direction de la revue limite ses frais de clichage à deux clichés par manuscrit ; tous les clichés additionnels seront à la charge de l'auteur.

Les photographies devront être tirées sur papier glacé et fortement contrastées. On regroupera, autant que possible, les photographies sur une même planche, en les collant sur un carton rigide, sans oublier de les numéroter proprement et lisiblement au coin droit. Trois séries de photographies sont requises.

Les dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc. Le lettrage devra être fait à l'aide d'un appareil à dessin. Il doit être suffisamment grand pour avoir, après la réduction finale, au moins 1.5 mm de hauteur. En plus de l'original, on est prié de fournir deux copies de chacun des graphiques.

Dans le cas des dessins et des photographies, bien tenir compte de leur réduction à un format ne dépassant pas 12.5 x 20 cm, légende comprise.

On présentera la liste des légendes sur une page séparée. On indiquera cependant à l'endos des photographies et des dessins le nom de l'auteur et le numéro de figure.

ÉPREUVES ET TIRAGES-À-PART

Les auteurs recevront une série d'épreuves, en même temps qu'un bon de commande pour les tirages-à-part. L'un et l'autre devront être retournés dans les plus brefs délais.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

EDITORIAL POLICY

Original papers in French or in English based on research in basic and applied ecology, taxonomy, morphology and earth sciences will be considered for publication in this journal. The papers will be judged on the basis of their contribution of original data and ideas or interpretation. *Review articles* will not be accepted unless they lead to new and important generalizations. *Short articles* (no more than four pages in the journal) may be accepted as "Communications brèves". They should be distinguished from papers on the basis of scope rather than quality of the research.

GENERAL PRACTICES

Manuscripts should be typewritten in double spacing throughout on one side of bond paper 21.5 x 28 cm, and submitted in triplicate to the Secretary of the Editorial Board.

The sequence of material in the manuscript as submitted should be : (1) title ; (2) author's name ; (3) author's affiliation and address ; (4) a condensed running head of no more than 60 letters and spaces (on a separate page) ; (5) French and English abstracts limited to 300 words ; (6) the manuscript proper ; (7) on separate pages references, tables (numbered consecutively in Roman numerals) and figure legends (numbered consecutively in Arabic numerals).

MANUSCRIPT DETAILS

The arrangement of the contents should generally be as follows : Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, and References.

In preparing copy please take account of the following remarks : (1) underscore only where italics are intended ; (2) footnotes are to be avoided and wherever impossible they should be consecutively numbered ; (3) either metric or English units may be used ; however use of the former is recommended ; (4) appendixes should be avoided and will not be usually accepted if exceeding one page.

REFERENCES

Literature references in the text should be by author, followed by year of publication. All papers referred to in the manuscript should be listed alphabetically by first author, according to the following examples :

LEGENDRE, L., 1971. Production primaire dans la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). *Naturaliste can.*, 98 (5) : 743-773.

MACARTHUR, R. H. and J. H. CONNELL, 1966. The biology of populations. John Wiley & Sons, New York, 200 p.

PARKER, P. L. and J. A. CALDER, 1970. Stable carbon isotope ratio variations in biological systems, p. 107-127. *In :* D. H. Hood (ed.), Symposium or organic matter in natural waters. University of Alaska, 625 p.

Abbreviations for periodicals should follow the "World List of Scientific Periodicals" (1963 edition).

ILLUSTRATIONS

The first two figures of a manuscript will be free of charge. Additional figures will be charged to the author.

Prints of photographs should be made on glossy paper with a wide range in tone. They should be cropped, mounted with rubber cement on white card-board, and clearly numbered at the right corner of each photograph. Three complete sets of photographs must be included.

Drawings are made with black india ink on white drawing paper and all lettering should be made with a lettering system. All lettering must be sufficiently large to be at least 1.5 mm on final reproduction. One original and two clean copies of each drawing should be submitted.

Drawings and photographs must be made to a scale allowing reduction to an area not exceeding 12.5 x 20 cm, inclusive of captions.

Captions for illustrations should be typed in paragraph form on a separate page. Moreover each illustration should be clearly labelled on back, giving the name of the author and the figure number.

PROOFS AND REPRINTS

Galley proofs will be sent to the author together with an order blank for reprints. The corrected proof with the order for reprints should be returned immediately.

ÉNUMÉRATION DES PLANTES DU CANADA

par Bernard BOIVIN

Herbier Louis-Marie, Université Laval

et

Ministère de l'Agriculture, Ottawa

« Provancheria », N° 6

Extrait de la revue *Le naturaliste canadien*, Volumes 93 et 94.

Liste des espèces, variétés, formes et hybrides de plantes vasculaires reconnues comme spontanées au Canada. Une bibliographie pertinente précède chaque genre. L'auteur présente la distribution géographique de chacun des taxons au nord des États-Unis, dans une perspective critique. Les botanistes y trouveront une mine de renseignements de première valeur.

An enumeration of the species, varieties, forms and hybrids known as spontaneous in Canada. Nearly all genera are preceded by an essential bibliography of recent monographs and other main papers relevant to each genus in Canada. Each taxon is followed by an abbreviated summary of its distribution north of the U.S.A. A distinction has been made between verified and unverified distributions and, in the latter case, whether or not justifying collections have been located yet.

7 x 10, 460 p., broché, $ 9.00.

En vente

aux

PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL
C. P. 2447, Québec 2, Canada

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 100 | Mars-Avril 1973 | Numéro 2

SOMMAIRE

DAVIS, Charles C. A seasonal quantitative study of the plankton of Bauline Long Pond, a Newfoundland lake 85-105

DESSUREAULT, L. et J.M. PERRON. Effets d'un traitement à l'hormone juvénile synthétique sur les tissus de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Homoptera : Aphididae) 107-115

GONZALEZ, A. and B. J. R. PHILOGÈNE. Qualitative and quantitative determination of uric acid and allantoin in *Neodiprion swainei* Midd. frass 117-122

PAYETTE, Serge. Contribution à la pédologie de la zone hémi-arctique : région de Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec 123-163

GRIMALDI, John and Gérard LEDUC. The growth of the yellow perch in various Québec waters 165-176

SEGUIN, M. K. Utilité d'emploi des méthodes géophysiques pour localiser des zones de sulfures de cobalt et de cuivre en Idaho 177-186

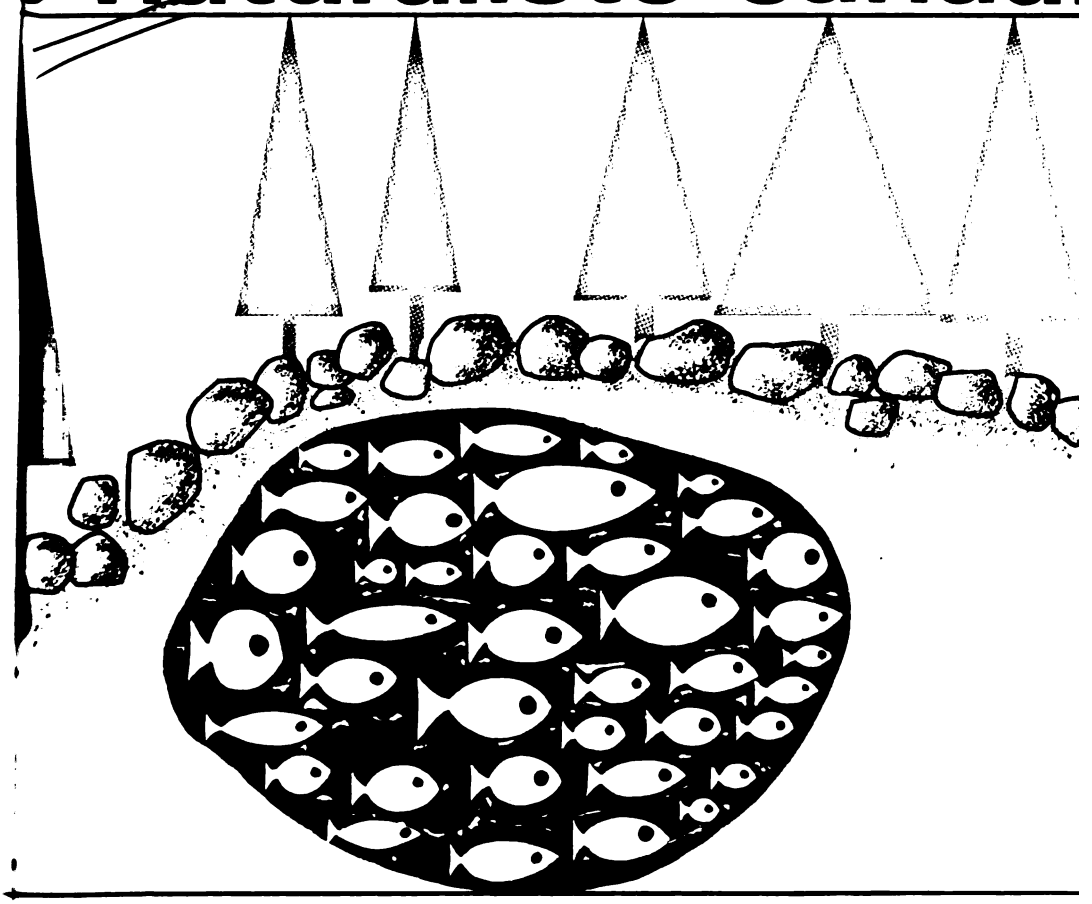
REVUE DES LIVRES 187-194

Volume 100,
numéro 3,
mai - juin 1973

UNIVERSITY
OF MICHIGAN
SEP 2 1973
PERIODICAL
READING ROOM

Q-70

e naturaliste canadi



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université La

LE NATURALISTE CANADIEN

CN ISSN 0028-0798

DIRECTEUR
G.-WILFRID CORRIVAULT

DIRECTEUR-ADJOINT
MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE
GUY LACROIX

SECRÉTAIRE-ADJOINT
PIERRE MORISSET

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*
RENÉ BÉIQUE, *Direction générale de la conservation, Ministère des terres et forêts, Québec*
JULIEN BERGERON, *Ministère de l'industrie et du commerce, Québec*
BERNARD BERNIER, *Université Laval*
PAUL BERTHET, *Faculté des sciences de Lyon*
LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*
PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*
MICHEL DELSOL, *Faculté catholique de Lyon*
LLOYD M. DICKIE, *Institut océanographique de Bedford*
ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*
PAUL GERVAIS, *Université Laval*
ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire naturelle de Paris*
WILLIAM S. HOAR, *Université de la Colombie-Britannique*
ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*
VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*
GASTON MOISAN, *Service de la faune du Québec*
A. C. NEISH, *Conseil national des recherches du Canada, Halifax*
W. E. RICKER, *Office des recherches sur les pêcheries du Canada*
D. M. ROSS, *Université d'Alberta*
HENRI TINTANT, *Faculté des sciences de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4

Abonnement annuel

au Canada : $ 10.00 —à l'étranger : $ 11.00 —le numéro : $ 2.00

Publication bimestrielle de l'Université Laval, LE NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétariat de la rédaction,** LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Laval, Québec G1K 7P4, Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Conseil national de recherches du Canada.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec — Deuxième trimestre 1973.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 100 Mai-Juin 1973 Numéro

LA FAUNE MYRMÉCOLOGIQUE DE DIFFÉRENTS PEUPLEMENTS FORESTIERS CARACTÉRISANT LA ZONE DES BASSES LAURENTIDES, QUÉBEC (HYMENOPTERA : FORMICIDAE) [1]

Michel LETENDRE [2] et Jean-Guy PILON

Département des sciences biologiques, Université de Montréal, Montréal

Résumé

Cinq biotopes, affectés à différents degrés par un feu de forêt qui a ravagé la région d'étude vers les années 1920, présentant différentes étapes dans la succession écologique et occupant différents sites écologiques et topographiques, furent inventoriés au cours des années 1967, 1968 et 1969. L'analyse qualitative et quantitative de leur faune myrmécologique a permis de mettre en évidence un total de 24 espèces réparties inégalement sous forme de 241 colonies. Les nids de *Stenamma diecki* Emery, *Lasius alienus* (Foerster), *Myrmica* sp., *Lasius umbratus* (Nylander), de même que ceux de *Leptothorax muscorum* (Nylander), *Tapinoma sessile* (Say), *Formica subnuda* Emery, *F. fusca* Linné, *Camponotus noveboracensis* (Fitch) et *C. herculeanus* (Linné) étaient particulièrement abondants et leur présence permit de caractériser d'une façon qualitative les différentes biocénoses inventoriées. La présence de *Stenamma schmitti* Wheeler et *Leptothorax longispinosus* Roger dans certains biotopes vaut également la peine d'être soulignée. Vu l'importance écologique très grande des espèces précédentes, les auteurs présentent une analyse détaillée de leur distribution suivie d'une description sommaire de l'écologie des autres espèces récoltées. Différents paramètres biocénotiques furent par la suite déterminés dans le but de préciser la nature des biocénoses étudiées. Ces critères ont permis de démontrer l'action déterminante jouée par certains facteurs ambiants, tels la nature du peuplement végétal, le degré d'ouverture du milieu et la succession écologique sur les communautés myrmécologiques de la région d'étude. Les facteurs biotiques semblent exercer, pour leur part, une influence tout à fait secondaire.

Abstract

In an area partially destroyed by a forest fire in the early 1920's, five biotopes occupying different stages of development in the ecological succession and presenting various ecological and topographical conditions were selected for a study of their ant fauna. Twenty-four species of ants were found inhabiting these different biotopes. Nests of *Stenamma diecki* Emery, *Lasius alienus* (Foerster), *Myrmica* sp., *Lasius umbratus* (Nylander), as well as those of *Leptothorax muscorum*

[1] Extrait d'un mémoire de maîtrise présenté à la Faculté des sciences de l'Université de Montréal en mai 1971.

[2] Adresse actuelle : Département de biologie, Université Laval, Québec.

100 : 195-235 (1973).

(Nylander), *Tapinoma sessile* (Say), *Formica subnuda* Emery, *F. fusca* Linné, *Camponotus noveboracensis* (Fitch) and *C. herculeanus* (Linné) were found to be particularly abundant and their presence permitted a qualitative characterisation of the biotopes under study. The occurrence of *Stenamma schmitti* Wheeler and *Leptothorax longispinosus* Roger in a few biotopes is also noteworthy. Because of the ecological importance of the species mentioned, a detailed analysis of their distribution is presented along with a short description of the distribution of the less abundant species. Different biocenotic parameters were also used in order to define the nature of the ant communities. It has been possible, with their help, to evaluate the part played by various environmental factors in the organization of these communities.

Introduction

Un des facteurs qui a entravé pendant longtemps le développement d'une recherche intensive sur les fourmis du Québec, fut l'importance, en apparence, très limitée de ces insectes dans l'économie de la province. Or, cette limitation se révèle aujourd'hui de moins en moins fondée et peut être attribuée, avant tout, au comportement typiquement cryptozoïque manifesté par le groupe dans son ensemble. À cela il faut aussi ajouter une action le plus souvent indirecte des fourmis sur le biotope, entraînant des effets disséminés, locaux (non épidémiques) et peu visibles.

Conséquemment, il existe très peu de travaux susceptibles de nous renseigner sur l'importance et le rôle précis joué par les fourmis à l'intérieur des différentes régions écologiques du Québec. Les seuls biotopes qui ont bénéficié d'une étude adéquate en ce sens se limitent à la pessière nordique (Béique et Francoeur, 1966, 1968), à l'érablière à sucre et ses variantes (Francoeur, 1965, 1966a, 1966b) et à la bleuetière (Francoeur, 1968-69 ; Francoeur et Jobin, 1967-68). De plus, bien que de telles études aient été effectuées dans un grand nombre de biotopes plus ou moins similaires, en Europe et aux États-Unis, très peu correspondent à la situation réelle qui prévaut dans notre province.

Dans le but de combler cette lacune, les auteurs ont amorcé une série de travaux portant sur l'analyse de la faune myrmécologique d'une région peu étudiée du Québec, les basses Laurentides. Ces travaux visaient, avant tout, à caractériser les associations de fourmis occupant les principaux types de biotopes forestiers de cette zone, à définir le rôle et la position écologique de ces associations à l'intérieur des biotopes et à délimiter leurs variations en fonction de ces différents milieux. L'étude simultanée de plusieurs biotopes distincts présentait de nombreux avantages. En plus d'être très féconde, elle rendait plus accessible l'interprétation des facteurs intrinsèques régissant les variations qualitatives et quantitatives de la faune, d'un type de biotope à l'autre. Cette approche permettait aussi d'étudier l'effet d'un plus grand nombre de facteurs bien délimités, comme la composition du peuplement végétal ainsi que sa position géographique (altitude, exposition, proximité des écotones, etc . . .) et écologique (succession écologique), sur les espèces et les individus.

Description générale de la région d'étude

Une description générale de la région d'étude, en l'occurrence le territoire occupé par la Station de biologie de l'Université de Montréal à Saint-Hippolyte, Québec, ainsi qu'un inventaire préliminaire des principales espèces de fourmis qu'on y rencontre ont déjà été présentés par Letendre *et al.* (1971). Une descrip-

ion plus détaillée de cette région est ıgalement incluse dans le travail de .etendre (1971).

Description des biotopes inventoriés

Afin d'avoir un échantillonnage repré- ıentatif des différents peuplements, et ıar suite des différents biotopes ou ha- ıitats disponibles dans la région d'étude, ;inq peuplements, affectés à divers de- ;rés par un incendie qui a ravagé la région vers les années 1920, occupant différentes étapes dans la succession climacique et présentant une variation marquée au niveau de leur structure écologique et topographique, ont été choisis. De plus, trois types de critères relatifs à la végétation, au sol, à la topographie et au microclimat furent utilisés dans le but de caractériser les biotopes sélectionnés. L'emplacement de ces différents biotopes est indiqué à la figure 1.

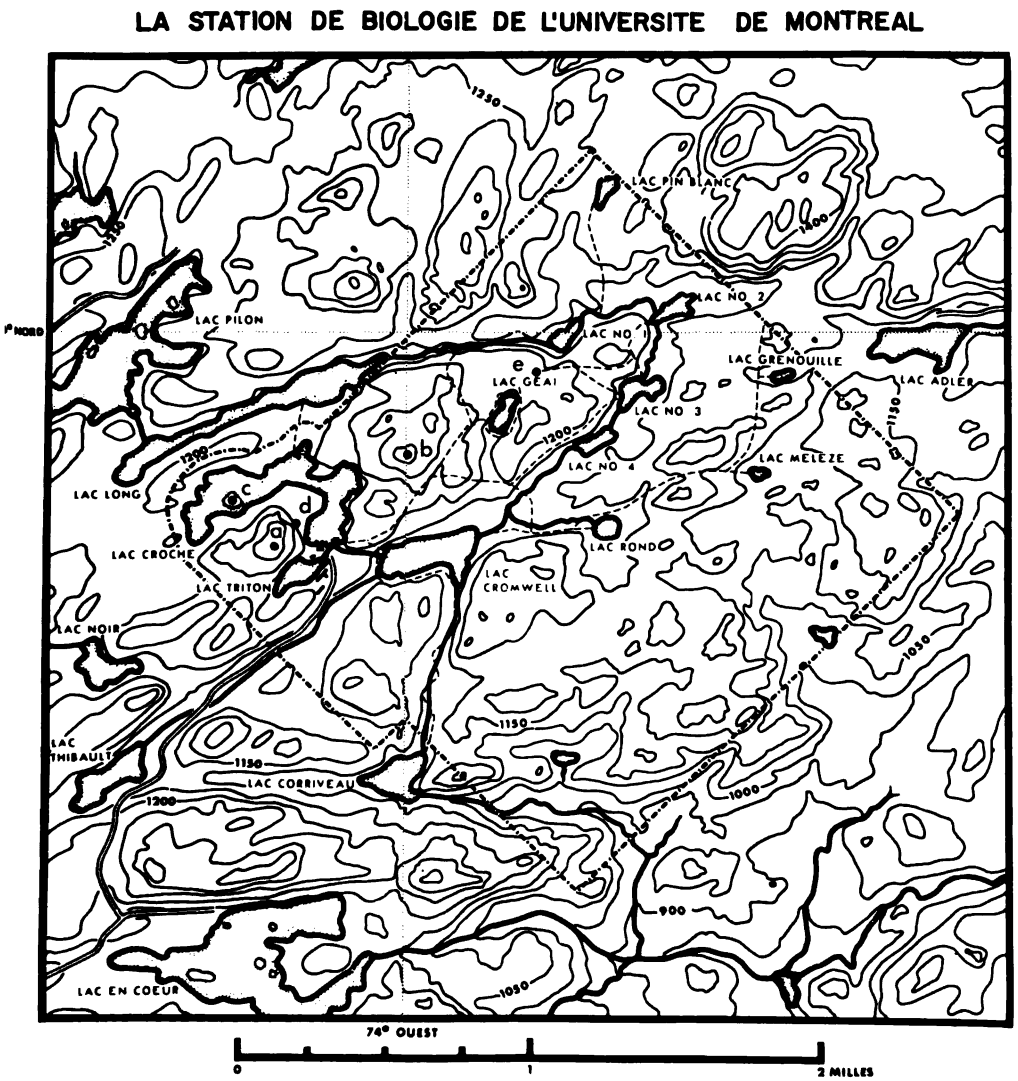


Figure 1. Territoire de la Station de biologie de l'Université de Montréal : topographie ıt position relative des biotopes inventoriés.

TABLEAU I

Caractérisation des biotopes en fonction de leur végétation :
composition spécifique et structure des peuplements végétaux

Biotopes	Dominants et co-dominants	Dominance relative des espèces*	Diamètre (D. H. P.) en pouces		Densité/m²**		Fréquence des espèces***
			Moyenne/espèce	Total pour les cinq surfaces-échantillons de végétation	spécifique	totale	
A	*Acer saccharum*	86.5%	5.28	947.1	0.138	0.154	1.000
	Acer rubrum	10.7%	7.22		0.012		0.800
	Fagus grandifolia	2.4%	7.60		0.003		0.400
B	*Betula papyrifera*	41.9%	4.52	1025.8	0.084	0.197	1.000
	Populus sp.	31.4%	7.49		0.038		1.000
	Acer rubrum	14.6%	3.65		0.036		1.000
	Acer saccharum	9.8%	3.04		0.029		0.600
C	*Thuja occidentalis*	35.8%	3.82	928.1	0.077	0.178	1.000
	Picea mariana	26.4%	6.45		0.034		1.000
	Abies balsamea	19.5%	4.52		0.036		1.000
	Betula papyrifera	7.7%	4.22		0.015		1.000
	Acer rubrum	5.3%	4.89		0.009		0.600
D	*Betula papyrifera*	65.2%	3.80	944.5	0.144	0.220	1.000
	Acer rubrum	16.1%	4.33		0.031		0.800
	Populus sp.	6.1%	5.79		0.009		0.600
	Acer pensylvanicum	5.4%	2.55		0.018		0.400
	Acer saccharum	5.3%	3.14		0.014		0.600
E	*Abies balsamea*	46.6%	3.57	1403.4	0.163	0.332	1.000
	Betula papyrifera	31.4%	3.86		0.101		1.000
	Acer rubrum	15.3%	3.75		0.051		1.000
	Populus sp.	4.0%	6.26		0.008		0.600

* = $\frac{\text{Surface basale de l'espèce}}{\text{Surface basale totale de toutes les espèces}}$;

** = Nombre de tiges par m², établi d'après un échantillon de 225 m²

*** = $\frac{\text{Nombre de surfaces dans lesquelles les espèces sont présentes}}{\text{Nombre de surfaces échantillonnées (5)}}$

CRITÈRES DE VÉGÉTATION

Plusieurs techniques ont été mises au point pour identifier la nature de la strate arborescente d'un peuplement végétal. La méthode choisie consiste à dénombrer et mesurer tous les arbres présents dans un nombre déterminé de « surfaces-échantillons de végétation »[3], en l'occurrence cinq surfaces de 15 mètres par 15 mètres disposées de façon définie à l'intérieur de chacun des biotopes (fig. 2 et tableaux I et II).

Biotope A. Au point de vue floristique le biotope A est occupé par un peuplement pratiquement pur d'érables à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) (tableau I), représentant une association assez stable et peu affectée par le feu de forêt. La composition de la strate arborescente de ce peuplement ne l'apparente à aucune des sous-associations définies par Dansereau (1959) pour la vallée du Saint-Laurent. Elle se rapproche, toutefois, tant au point de vue floristique qu'au point de vue écologique, de celle présentée par l'association climacique de l'érablière à hêtre ou *Acereto-Betuletum fagetosum* de Grandtner (1966). La dominance marquée de l'érable à sucre, la présence du hêtre (*Fagus grandifolia* Ehrh.) dans la strate arborescente et celle d'*Acer pensylvanicum* L. et *A. spicatum* Lam. dans les strates inférieures sont particulièrement caractéristiques. Selon ce même auteur, l'abondance de l'érable rouge (*Acer rubrum* L.) indiquerait que le peuplement est en état de dégradation, se dirigeant vers une phase de pro-climax et devenant, par conséquent, très vulnérable ; une telle tendance serait également démontrée par le taux de mortalité relativement élevé dans la strate arborescente du biotope.

[3] À distinguer de ce qu'on appellera plus tard les « surfaces-échantillons », lesquelles sont utilisées pour l'échantillonnage quantitatif des fourmis.

L'une des principales caractéristiques de la structure de ce peuplement est l'absence d'une strate arbustive bien développée. Cette absence peut être attribuée en premier lieu à la grande uniformité du couvert végétal supérieur et à la densité relativement élevée du feuillage (tableaux I et III).

Biotope B. La végétation arborescente du biotope B correspond essentiellement à celle d'une forêt décidue mélangée et s'est sans doute développée par suite de l'incendie de 1920. Elle est dominée d'une façon plus ou moins équivalente par le bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), le peuplier (*Populus grandidentata* Michx. et quelques *P. tremuloides* Michx.) et l'érable (*Acer rubrum* et *A. saccharum*) (tableau I), ce qui l'apparente, notamment, à l'association *Betuletum papyriferae* de Dansereau (1959) et au type No 11 (Aspen-paper birch) de la Society of American Foresters (1954). Dans les strates inférieures, la présence de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Aralia nudicaulis* L. et *Maianthemum canadense* Desf. est caractéristique, cette dernière identifiant entre autres une association relativement âgée (Dansereau, 1959). Un tel degré de développement est également confirmé par le diamètre particulièrement élevé de certains arbres (notamment les bouleaux et peupliers) et par le couvert assez dense que présente le peuplement en certains endroits (tableaux I et II).

La végétation au sol est, dans l'ensemble, très dispersée mais se distingue de celle du biotope A par la présence d'une strate végétale moyenne beaucoup plus développée et constituée surtout d'arbrisseaux et de *Pteridium aquilinum*. Tout comme les autres critères de végétation, la distribution de cette strate et de toute la flore du sol exhibe cependant un très haut degré de variabilité. Ceci résulte de l'étroite relation qui existe

TABLEAU II

Caractérisation des biotopes en fonction de leur végétation : composition spécifique et structure de la strate arborescente à l'intérieur de chaque surface-échantillon de végétation

Biotopes	*Surfaces-échantillons de végétation*	*Dominants et co-dominants*	*Dominance relative des espèces*	*D. H. P. total en pouces*	*Densité totale par mètre²*
A	I	*Acer saccharum*	95.1%	203.3	0.133
		Fagus grandifolia	4.9%		
	II	*Acer saccharum*	92.4%	202.3	0.178
		Acer rubrum	7.6%		
	III	*Acer saccharum*	82.1%	189.2	0.164
		Acer rubrum	8.1%		
		Fagus grandifolia	6.8%		
	IV	*Acer saccharum*	75.3%	179.1	0.156
		Acer rubrum	24.7%		
	V	*Acer saccharum*	85.7%	173.2	0.138
		Acer rubrum	14.3%		
B	I	*Betula papyrifera*	32.5%	211.7	0.240
		Populus sp.	29.9%		
		Acer saccharum	22.8%		
		Acer rubrum	11.9%		
	II	*Betula papyrifera*	52.8%	198.0	0.178
		Populus sp.	28.7%		
		Acer rubrum	11.1%		
	III	*Populus* sp.	55.7%	224.4	0.164
		Betula papyrifera	24.6%		
		Acer rubrum	17.6%		
	IV	*Betula papyrifera*	73.8%	173.6	0.178
		Populus sp.	17.5%		
		Acer rubrum	6.4%		
	V	*Betula papyrifera*	33.2%	218.1	0.227
		Acer rubrum	23.8%		
		Acer saccharum	21.6%		
		Populus sp.	21.4%		
C	I	*Thuja occidentalis*	30.0%	214.3	0.227
		Betula papyrifera	25.6%		
		Abies balsamea	18.9%		
		Acer rubrum	12.9%		
		Picea mariana	10.1%		
	II	*Thuja occidentalis*	42.8%	184.8	0.164
		Abies balsamea	31.0%		
		Picea mariana	19.3%		
	III	*Thuja occidentalis*	43.7%	163.0	0.173
		Picea mariana	30.9%		
		Abies balsamea	19.5%		
		Acer rubrum	4.3%		
	IV	*Thuja occidentalis*	39.6%	196.8	0.187
		Picea mariana	27.0%		
		Abies balsamea	25.0%		
	V	*Picea mariana*	50.0%	169.2	0.138
		Thuja occidentalis	23.6%		
		Larix laricina	12.6%		
		Acer rubrum	8.5%		
		Betula papyrifera	4.1%		

TABLEAU II (suite)

D	I	*Betula papyrifera* *Populus* sp. *Acer rubrum*	77.3% 16.7% 5.1%	225.2	0.288
	II	*Betula papyrifera* *Acer rubrum*	70.6% 29.4%	121.4	0.115
	III	*Betula papyrifera* *Acer rubrum* *Acer pensylvanicum* *Acer saccharum*	59.1% 20.4% 15.2% 4.5%	262.1	0.318
	IV	*Betula papyrifera* *Acer rubrum* *Acer saccharum* *Populus* sp. *Acer pensylvanicum*	31.9% 29.8% 14.2% 10.0% 6.5%	171,1	0.177
	V	*Betula papyrifera* *Acer saccharum*	89.5% 8.6%	164.1	0.204
E	I	*Abies balsamea* *Betula papyrifera* *Acer rubrum*	77.1% 13.6% 8.3%	204.9	0.262
	II	*Abies balsamea* *Betula papyrifera* *Acer rubrum* *Populus* sp.	39.8% 26.1% 21.4% 12.7%	214.9	0.187
	III	*Abies balsamea* *Betula papyrifera* *Acer rubrum*	42.5% 40.1% 15.8%	391.5	0.524
	IV	*Betula papyrifera* *Abies balsamea* *Acer rubrum*	38.3% 29.6% 26.5%	232.4	0.271
	V	*Abies balsamea* *Betula papyrifera* *Populus* sp. *Acer rubrum*	48.6% 30.7% 11.4% 7.6%	359.7	0.418

entre ces différents critères et les conditions du milieu.

Biotope C. Le peuplement de ce biotope insulaire présente une composition floristique extrêmement variable (tableaux I et II) et, de ce fait, est très difficile à apparenter à un type de forêt en particulier. La dominance du *Thuja occidentalis* L. et la présence de certaines essences comme le sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.), l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] BSP), le bouleau à papier, l'érable rouge et le mélèze (*Larix laricina* [DuRoi] K. Koch), le rapprochent beaucoup du type No 37 (northern white-cedar) de la Society of American Foresters (1954). Par contre, l'abondance relativement élevée du sapin baumier et de l'épinette noire de même que la végétation du sol, lui donnent certaines caractéristiques de l'association sapin-épinette telle que décrite par Davis (1966) et par la Society of American Foresters (1954) (type No 7). Dans les deux cas, il s'agit d'un peuplement passablement âgé sur lequel l'incendie n'aurait apparemment pas eu prise ; ceci est confirmé entre autres par la présence de

nombreuses espèces conifériennes caractéristiques et par le diamètre plus élevé des arbres (tableau I).

Le biotope C est aussi très variable en ce qui a trait à la distribution des différentes strates végétales qu'on y rencontre. La strate arbustive fait toutefois exception à cette règle et abonde partout.

Biotope D. La végétation du biotope D s'apparente, dans ses grandes lignes, à celle qui prévaut à l'intérieur du milieu B. Il s'agit, dans les deux cas, d'un peuplement décidu très instable et fortement affecté par le feu de forêt. À cause toutefois de la dominance marquée du bouleau à papier et de sa composition très faible en peupliers (tableau I), la végétation du présent biotope est reliée au type « paper birch » (No 18) de la Society of American Foresters (1954) plutôt qu'au type « aspen-paper birch » décrit plus haut. Le diamètre moyen beaucoup plus faible des individus examinés, le développement marqué de la flore du sol et la présence, en particulier, de *Lycopodium clavatum* L. et de quelques *Aster cordifolius* L. à l'intérieur de cette strate témoignent également d'un peuplement en phase jeune, apparaissant avant l'association avec peupliers dans la succession écologique (Dansereau, 1959). L'énorme variation manifestée à l'intérieur du biotope par les différents critères de végétation (tableau II) représente une conséquence directe de ce jeune âge et de la grande instabilité du peuplement.

Biotope E. Même si elle ne constitue pas elle-même une forme de climax, la végétation du biotope E représente mieux que tout autre les associations climaciques de la région d'étude. Sa composition mixte, dominée par le sapin baumier, avec comme co-dominants le bouleau à papier, l'érable rouge et le peuplier (tableau I), la rapproche du *Betuletum abietosum* défini par Dansereau (1959) et, plus grossièrement, du type « white spruce-balsam fir-paper birch » (No 36) de la Society of American Foresters (1954). Elle constituerait ainsi une phase intermédiaire entre le *Betuletum papyriferae* (types No 11 et 18 de la Society of American Foresters) et l'*Abietetum balsameae* de Dansereau (1959) (type No 5 de la Society of American Foresters). L'influence marquée de l'incendie sur le biotope et sa position géographique particulière font, parallèlement, de ce peuplement une association très instable, ayant atteint un niveau de développement intermédiaire entre les associations pionnières B et D et les associations de climax A et C.

La végétation du sol correspond de très près à celle décrite par Dansereau (1959) pour le *Betuletum abietosum* et sa densité, en général relativement faible, va de pair avec son niveau de développement assez avancé et avec la densité élevée de la strate arborescente. La flore arbustive, tout comme dans le cas de l'érablière à sucre (biotope A), est pratiquement absente.

La nature transitoire du peuplement se reflète également dans la distribution sporadique des espèces décidues à l'intérieur des parties basses du biotope, là où avant l'arrivée du sapin baumier, le bouleau à papier dominait. L'abondance de ces essences n'est bien marquée maintenant que dans la partie la plus élevée du biotope. Lorsque les conifères et les espèces décidues se retrouvent tous les deux dans des conditions optimales, la densité du peuplement atteint, cependant, des valeurs extrêmement élevées (tableau II).

CRITÈRES TOPOGRAPHIQUES ET MICROCLIMATIQUES

Le tableau III permet une caractérisation plus poussée des biotopes invento-

TABLEAU III

Caractérisation des biotopes en fonction de leurs critères topographiques et microclimatiques

Biotopes	*Topographie du terrain*	*Couverture du milieu*	*Orientation du terrain*	*Interception des précipitations* *		*Humidité relative du milieu*	*Variations de température*	*Épaisseur de la neige* **	*Durée de la neige sur le sol* **	*Interception de la lumière*	
				été	*hiver*					*été*	*hiver*
A	Plan, assez régulier, au sommet d'une montagne	Grande et uniforme (75%)	Nulle	Grande	Moyenne-faible	Grande	Très faibles	Grande	Moyenne	Grande	Moyenne
B	Incliné, très irrégulier, au sommet d'une montagne	Moyenne (0-75%) Moyenne = 50%	S-SO	Moyenne	Faible	Faible	Assez grandes	Grande-moyenne	Faible	Moyenne	Assez faible ou moyenne
C	Plan au centre, assez régulier en général, île	Grande (0-100%) Moyenne = 75%	Nulle	Variable	Moyenne	Généralement assez faible	Différent selon les endroits	Moyenne-faible	Très variable selon les endroits	Grande en général	Grande en général
D	Incliné, très irrégulier, à la base d'une montagne, près d'un lac	Moyenne (0-75%) Moyenne = 50%	SE	Moyenne	Faible	Faible	Très grandes près du lac, moindres ailleurs	Grande	Faible	Moyenne	Assez faible ou moyenne
E	Incliné, irrégulier et à la base d'une petite élévation	Très grande sauf à la base (0-100%) Moyenne = 85%	N-NO	Grande	Assez grande	Assez grande	Très faibles	Faible	Grande	Très grande	Grande

* Résultats tirés des conclusions de Kittredge (1948).
** Résultats tirés à partir des données de Lull et Rushmore (1960).

riés en faisant intervenir un certain nombre d'aspects physiques propres à ces différents milieux.

Deux biotopes, A et E, peuvent, à cause de leur degré de couverture élevé et de leur perméabilité très faible vis-à-vis des modifications du milieu extérieur, être considérés comme des milieux fermés. Ces biotopes se caractérisent, entre autres, par de très faibles variations de température et d'humidité, par une humidité relative en général assez élevée, par une température estivale plus basse et par une interception très grande de la lumière et des précipitations (tabeau III), ce qui va de pair avec leur état de climax (Kittredge, 1948). Il est à noter, cependant, qu'à l'automne, lors de la chute des feuilles, de même que pendant tout l'hiver et au début du printemps, le milieu A se transforme en un milieu de type ouvert et devient alors beaucoup plus sujet aux modifications extérieures.

Les biotopes B et D représentent pour leur part les caractéristiques de lieux semi-ouverts et subissent ainsi de façon plus marquée l'action du milieu extérieur. L'influence des facteurs ambiants devient encore plus importante durant l'automne et l'hiver en l'absence de feuillage. Ces deux milieux se caractérisent entre autres par de grandes variations de température et d'humidité, par une température estivale plus élevée, une humidité relative en général assez faible de même que par des précipitations et un éclairement assez importants (tableau III). Tout ceci est intimement lié à leur position transitoire dans la succession écologique. Il en est de même également pour la courte durée et la grande épaisseur de la neige sur le sol en hiver et au début du printemps. Il existe toutefois des exceptions à ce tableau relativement général. On rencontre en effet dans les deux biotopes des endroits où le pourcentage de couverture est beaucoup plus élevé que la moyenne, ce qui leur donne sporadiquement certaines caractéristiques des milieux fermés.

Vu la grande hétérogénéité de sa végétation, le dernier biotope inventorié (C) se comporte tantôt comme un milieu fermé (sous couvert conifèrien), tantôt comme un milieu ouvert (clairières arbustives) ; il présente même, à plusieurs endroits, les caractéristiques des lieux semi-ouverts. Cette dernière condition se rencontre surtout dans les régions de l'île où la forêt est mixte et peu dense, de même que le long des sentiers.

CRITÈRES PÉDOLOGIQUES

Sous cet angle, les milieux D et E sont de loin les plus riches, par le nombre et la variété des microhabitats disponibles à la surface du sol, et le biotope A est sans contredit le plus dépourvu (tabeau IV). Inversement, le sol du milieu A est très riche en roches, racines et bois mort alors que celui des milieux B et D présente un apauvrissement marqué dans ce domaine. Le sol organique lui-même peut être considéré comme un microhabitat utilisable par la faune du sol et atteint son épaisseur maximum dans le biotope C.

Tous les habitats inventoriés, à l'exception du milieu A, présentent un humus de type « mor » conventionnel. L'humus du biotope A possède en plus certaines caractéristiques propres au « moder » et constitue ainsi un type intermédiaire plus ou moins modifié.

Dans la majorité des biotopes, la litière est presqu'entièrement d'origine décidue et présente une épaisseur très variable d'un endroit à l'autre. Cette variation peut être attribuée à une foule de facteurs, notamment : la densité, l'âge et la qualité des peuplements, la nature des espèces présentes et l'abon-

TABLEAU IV

Caractérisation des biotopes en fonction de leurs critères pédologiques

Biotopes	*En surface du sol*				*Dans le sol*					
	Roches	*Souches*	*Troncs morts*	*Branches mortes*	*Roches*	*Bois mort*	*Racines*	*Épaisseur du sol végétal*	*Humus*	*Humidité du sol*
A	Rares et de faible dimension	Rares	Assez abondants	Abondantes	Assez abondantes	Peu abondant	Abondantes et généralement petites	Faible (1.3-2.5")	moder	Très grande en surface
B	Abondantes et de toutes dimensions	Assez rares et de faible dimension	Abondants	Abondantes	Moyennes	Peu abondant	Peu abondantes	Moyenne en général (2-6")	mor	Grande même en surface
C	Rares	Assez rares ou peu abondantes	Très abondants	Abondantes	Rares	Assez abondant	Abondantes et généralement petites	Très grande en général (6")	mor	Moyenne en surface, grande en profondeur
D	Très abondantes et de toutes dimensions	Abondantes et de grande dimension	Abondants	Moyennes	Moyennes	Peu abondant	Peu abondantes et de forte taille	Moyenne en général (1-4")	mor	Moyenne
E	Très abondantes et de toutes dimensions	Assez rares et de faible dimension	Abondants	Très abondantes	Assez abondantes	Peu abondant	Moyennes	Très faible en général (0.5-2.5")	mor	Grande

dance du feuillage. La litière du milieu C se caractérise, de son côté, par une prédominance en aiguilles de conifères et cette condition semble être reliée, avant tout, au taux de mortalité élevé observé dans la strate arborescente du peuplement et à la décomposition plus lente des aiguilles de conifères (Kittredge, 1948).

L'humidité du sol varie beaucoup d'un milieu à l'autre ainsi qu'à l'intérieur de ces différents milieux et semble être fonction principalement du type de litière, du type de peuplement et de l'humidité relative du biotope. L'orientation du terrain et le type de couvert végétal sont aussi capables d'influencer de façon plus ou moins importante l'humidité du sol (Stoeckeller et Curtis, 1960).

Méthodologie

Deux types d'inventaires s'offrent au chercheur qui veut faire le relevé synécologique de la faune d'une région donnée : l'un qualitatif, l'autre quantitatif.

La première méthode et aussi la plus simple consiste à analyser d'une façon qualitative la faune de toute la région. Ce type d'inventaire, mieux connu sous le nom d'inventaire faunistique, englobe la majorité des travaux publiés sur la distribution et l'écologie des fourmis. Certains auteurs (Béique et Francoeur, 1966 ; Bernard, 1944 ; Borgmeier, 1934 ; Brian, 1964 ; Délye, 1961, 1964, 1969 ; Gaspar, 1965, 1968 ; Kannowski, 1958 ; Petal, 1963a, 1963b ; Van Boven et Lévieux, 1968 ; Wengris, 1964 ; Wilson, 1959) limitent plus particulièrement cette analyse à quelques biotopes bien caractérisés au point de vue écologique.

L'analyse quantitative de la faune vient souvent compléter ce premier inventaire. Dans ce cas, il ne s'agit plus de dénombrer uniquement les espèces présentes dans le milieu mais, également, les individus ou les colonies qui y vivent. Lorsque la densité des nids est faible et le terrain très homogène, l'analyse quantitative peut à elle seule nous renseigner de façon adéquate sur la faune myrmécologique du milieu étudié (Délye, 1965, 1968 ; Lévieux, 1966).

En général toutefois, et c'est le cas au niveau de la région d'étude, l'utilisation conjointe des deux types d'inventaires s'avère indispensable. Plusieurs auteurs (Baroni-Urbani, 1969 ; Béique et Francoeur, 1968 ; Brian, 1956 ; Brian *et al.*, 1965 ; Francoeur, 1965, 1966a, 1966b ; Gaspar, 1966 ; Hayashida, 1960 ; Headley, 1952 ; Kramer et Van Heerdt, 1950 ; Passera, 1967 ; Talbot, 1953, 1957, 1965 ; Westhoff et Westhoff de Joncheere, 1942 ; Wragge-Morley, 1944) utilisent avec profit cette double approche dans leurs travaux sur la faune myrmécologique de biotopes bien déterminés. Les travaux plus généraux de Gaspar (1971a, 1971b, 1972), Parapura et Pisarski (1971) et Van Pelt (1956, 1963) ont été réalisés également dans la même optique.

Notre analyse se rattache avant tout à cette avant-dernière catégorie et suit d'assez près le plan proposé par Béique et Francoeur (1968), Francoeur (1965, 1966a, 1966b) et Hayashida (1960).

LES RELEVÉS QUANTITATIFS

L'analyse quantitative des fourmis habitant un milieu donné a occasionné la mise au point de plusieurs méthodes d'échantillonnage. Celles-ci ont été passées en revue récemment par Dlusski (1965), Gaspar (1971a, 1971b) et Letendre (1971).

La méthode utilisée prend sa source dans les travaux de Gaspar (1966, 1971a, 1971b) et de Béique et Francoeur (1968), et représente, en partie, une modification de celle déjà élaborée

par Francoeur (1965, 1966a, 1966b) et Talbot (1957). Cette méthode consiste à effectuer la fouille systématique d'un nombre défini de « surfaces-échantillons », dispersées uniformément à la surface de chacun des biotopes.

Pour ce faire, nous avons délimité à l'intérieur de quatre des cinq biotopes inventoriés une « station-échantillon » d'un acre, c'est-à-dire de 63 mètres par 63 mètres ; le biotope insulaire C a été considéré en entier, sa surface totale n'atteignant pas tout à fait un acre. Nous avons par la suite déterminé graphiquement, à l'intérieur des quatre premières stations-échantillons, la position de 25 petites « surfaces-échantillons » d'un mètre carré (fig. 2). Vue la forme irrégulière de l'île, la distribution graphique des surfaces-échantillons à l'intérieur de ce biotope se révéla malheureusement impossible, et il fallut s'en tenir à une distribution au hasard. Pour que l'analyse statistique soit quand même valable, le nombre de surfaces-échantillons disposées dans les différents types de microhabitats de l'île fut déterminé en fonction de l'importance relative de ces microhabitats dans l'ensemble du biotope (fig. 6).

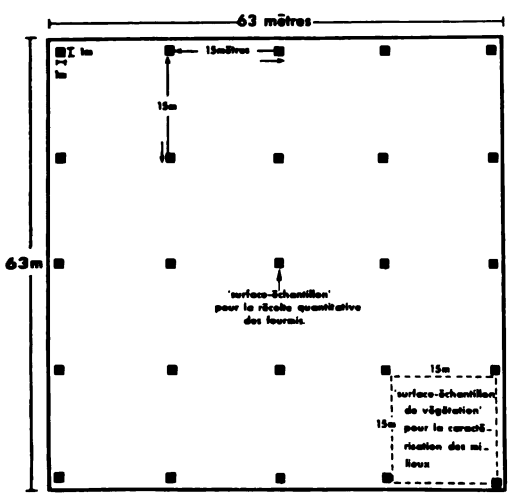


Figure 2. Distribution graphique des surfaces-échantillons et des surfaces-échantillons de végétation à l'intérieur des *stations-échantillons*.

L'inventaire des surfaces-échantillons s'est fait selon le protocole établi par Headley (1952) et repris par Francoeur (1966a, 1966b).

Toutes les colonies et les butineuses rencontrées sur ou dans les différentes surfaces-échantillons furent récoltées et fixées immédiatement dans de l'alcool éthylique à 70 pour cent. Lorsque la chose était réalisable, on essayait aussi de récolter tous les individus de la colonie. Connaissant le nombre moyen d'individus par colonie et la densité approximative de ces colonies dans le biotope, il devenait alors possible d'évaluer le nombre total de fourmis occupant chaque station-échantillon.

LES RELEVÉS QUALITATIFS

Plusieurs techniques ont également été décrites pour caractériser d'une façon qualitative la faune myrmécologique d'un biotope ou d'une région (Gaspar, 1971a, 1971b). La plus utilisée et probablement aussi la plus adéquate consiste à découvrir autant d'espèces que possible à l'intérieur de chaque station-échantillon, sans tenir compte de l'abondance relative de ces espèces (Francoeur, 1965, 1966a, 1966b). Pour obtenir des résultats qui soient le plus représentatifs possible, cette méthode fut répétée un nombre déterminé de fois à l'intérieur de chacun de nos biotopes.

Distribution générale des espèces

DÉNOMBREMENT DES ESPÈCES

L'échantillonnage quantitatif des fourmis a permis de déceler la présence de 19 espèces réparties inégalement entre les différents biotopes inventoriés. Le tableau V donne la liste de ces espèces ainsi que leur répartition et leur abondance à l'intérieur des cinq stations-échantillons.

TABLEAU V

Abondance relative des espèces récoltées dans les 125 surfaces-échantillons inventoriées

Espèces	*Stations-échantillons*					
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*Total*
Myrmica emeryana		1				1
M. kuschei		1	1		2	4
Myrmica sp.		2	6	5	3	16
Stenamma diecki	10	6	15	16	12	59
S. schmitti				1		1
Leptothorax ambiguus				1		1
L. longispinosus				b		0
L. muscorum		3	3		1	7
Tapinoma sessile		2		3		5
Camponotus herculeanus			2			2
C. noveboracensis		3		b		3
C. pennsylvanicus					b	0
Lasius alienus	b	7	9	10	2	28
L. umbratus		5	4	2		11
Formica neogagates		1		b		1
F. subnuda		2	1	1		4
F. fusca		3	b	1		4
F. neorufibarbis			b		b	0
F. subsericea		b				0
Nombre d'espèces par station-échantillon	2	13	10	12	7	19
Nombre de colonies par station-échantillon	10	36	41	40	20	147

b = espèce présente uniquement sous forme de butineuse(s) dans la station-échantillon.

Règle générale, les fourmis récoltées occupent un nombre moyen de stations-échantillons. Il existe, par contre, des espèces qui sont communes à tous les biotopes étudiés ; d'autres, plus fréquentes, se limitent à un seul biotope. Parallèlement, certains milieux comme le biotope A sont presque complètement dépourvus d'espèces tandis que d'autres, comme les biotopes B et D, en

renferment un grand nombre. Le nombre total d'espèces rencontrées dans l'un ou l'autre de ces milieux est toujours inférieur, toutefois, au nombre total d'espèces dénombrées pour l'ensemble des biotopes.

Cinq espèces additionnelles ont de plus été mises à jour grâce à l'échantillonnage qualitatif (tableau VI). Il s'agit de *Ponera pennsylvanica* Buckley, *Aphaenogaster rudis* Emery, *Brachymyrmex depilis* Emery, *Camponotus nearc-*

TABLEAU VI

Abondance relative des espèces dénombrées par la méthode qualitative

Espèces	*Stations-échantillons*				
	A *Présence (colonies)*	B *Présence (colonies)*	C *Présence (colonies)*	D *Présence (colonies)*	E *Présence (colonies)*
Ponera pennsylvanica				N (1)	
Myrmica emeryana		Q (2)		N (1)	
Myrmica sp.		Q (1)	Q (5)	Q (3)	Q (2)
Aphaenogaster rudis		N (1)			
Stenamma diecki	Q (2)		Q (2)		Q (7)
Leptothorax longispinosus		N (3)		Q (3)	
L. muscorum		Q (1)	Q (3)	N (3)	Q (1)
Tapinoma sessile			N (2)	Q (1)	
Brachymyrmex depilis		N (1)		N (1)	
Camponotus herculeanus			Q (1)		N (1)
C. noveboracensis		Q (2)		Q (1)	N (1)
C. nearcticus			N (1)	N (1)	
Lasius alienus		Q (5)	Q (4)	Q (9)	Q (5)
L. umbratus		Q (1)		Q (1)	
Formica subnuda			Q (1)	Q (1)	
F. fusca		Q (4)	Q (4)	Q (1)	
F. neorufibarbis			Q (1)		
F. subsericea		Q (2)			
F. (groupe *fusca*) sp.		N (1)			

Q = Espèce récoltée également par la méthode quantitative.
N = Espèce récoltée uniquement par la méthode qualitative.
( ) = Nombre de colonies récoltées lors de l'échantillonnage qualitatif.

TABLEAU VII

Nombre total de genres, d'espèces et de colonies récoltés par les deux méthodes d'échantillonnage

Stations-échantillons	*Nombre d'espèces*		*Nombre de genres*		*Nombre de colonies*	
	Quant.	*Quant. + Qual.*	*Quant.*	*Quant. + Qual.*	*Quant.*	*Quant. + Qual.*
A	2	2	2	2	10	12
B	13	17	7	9	36	60
C	10	12	6	7	41	65
D	12	17	7	9	40	67
E	7	9	6	6	20	37
Total	19	24	7	10	147	241

ticus Emery et *Formica* (groupe *fusca*) sp. Ceci porte donc à 24 le nombre total d'espèces présentes dans les différents biotopes inventoriés. Ce dernier inventaire a permis également de retrouver 14 des 19 espèces déjà rencontrées lors de l'échantillonnage quantitatif et il existe dans certains cas une bonne corrélation entre le nombre total de colonies exposées par l'une et l'autre des méthodes. La grande variation observée dans les autres cas représente probablement une conséquence directe du petit nombre de colonies considérées et de l'orientation très subjective caractérisant tout inventaire qualitatif. Les données obtenues par les deux types d'échantillonnage sont résumées sous forme quantitative dans le tableau VII.

CARACTÉRISATION DES ESPÈCES

Certains auteurs comme Talbot (1953) et Francoeur (1966a, 1966b) s'accordent à reconnaître l'existence de deux groupes de fourmis bien distincts à l'intérieur d'un biotope : les espèces de lisière, présentant peu de rapport avec le milieu lui-même, et les espèces « typiques », qui sont étroitement liées à ce milieu.

Il devient de plus en plus évident qu'une telle distinction est essentielle si l'on veut avoir une idée de la composition et des interrelations réelles qui existent à l'intérieur de la biocénose. En effet, les deux groupes agissent sur la communauté et sont affectés par celle-ci de façon totalement différente et à des niveaux qui sont eux aussi différents. Cette distinction n'est toutefois pas applicable comme telle dans la présente étude vu l'absence, dans la majorité des cas, d'une lisière proprement dite. En revanche, une interprétation plus générale de ce concept, considérant des espèces accessoires et des espèces essentielles ou caractéristiques, a pu être utilisée.

Les espèces accessoires seraient constituées, en particulier, par des formes peu abondantes, présentant une distribution très irrégulière et habitant des endroits plus ou moins caractéristiques du biotope dans lequel on les rencontre. Elles correspondraient aux espèces de lisière et aux espèces secondaires de Francoeur (1966a).

Les espèces caractéristiques englobent, pour leur part, les fourmis que l'on rencontre en plus grande abondance dans le milieu et qui possèdent une distribution relativement uniforme et générale à l'intérieur de celui-ci. À l'instar des espèces caractéristiques de Francoeur (1966a), ces fourmis déterminent, en grande partie, la composition et l'orientation de la biocénose myrmécologique.

Pour faciliter l'interprétation des résultats obtenus lors de l'analyse quantitative, nous avons considéré comme accessoires les espèces représentées par deux colonies ou moins à l'intérieur d'une station-échantillon et comme caractéristiques les espèces plus abondantes. Il a fallu aussi tenir compte des résultats de l'échantillonnage qualitatif, de l'importance apparente de ces espèces dans la biocénose, de la position de leurs nids et de l'abondance de leurs butineuses en surface du sol.

Espèces accessoires

Puisque chacun des biotopes inventoriés possède des caractéristiques particulières, les biocénoses maintenues par ces différents biotopes présenteront, elles aussi, des composantes particulières. Ainsi, une espèce considérée comme essentielle dans un milieu donné peut remplir le rôle d'une espèce accessoire dans un autre milieu. C'est le cas, notamment, de *Lasius alienus* (Forester), *Leptothorax muscorum* (Nylander), *Tapinoma sessile* (Say), *Camponotus herculeanus* (Linné), *C. noveboracensis* (Fitch), *Formica fusca* Linné et de quelques autres fourmis qui abondent dans certains biotopes mais qui, par contre, manquent totalement ou presque dans les autres.

Nos milieux d'étude étant essentiellement sylvicoles toutefois, les espèces accessoires correspondent le plus souvent à des formes de lieux ouverts ou semi-ouverts. La distribution de ces fourmis est limitée, en grande partie, aux endroits exposés et c'est la raison pour laquelle elles ne sont jamais fréquentes dans les biotopes inventoriés. À ce groupe appartiennent, en particulier, *Ponera pennsylvanica* (Wheeler et Wheeler, 1963), *Myrmica kuschei* Wheeler, *Formica neogagates* Emery et *F.* (groupe *fusca*) sp.

Les espèces accessoires renferment également des formes capables d'habiter indifféremment des lieux ouverts ou sylvicoles, mais qui pour une raison ou une autre, ne parviennent pas à s'implanter d'une façon significative dans les milieux étudiés. *Leptothorax ambiguus* Emery, *Brachymyrmex depilis*, *Camponotus nearcticus* et *Formica subsericea* (Say) se rattachent à cette dernière catégorie. Ces fourmis se rencontrent fréquemment sous forme de butineuses à l'intérieur des biotopes étudiés.

On inclut finalement dans ce groupe un certain nombre de formes typiquement sylvicoles comme *Aphaenogaster rudis*, *Myrmica emeryana* Forel, *Stenamma schmitti* Wheeler, *Camponotus pennsylvanicus* (DeGeer), *Formica neorufibarbis* Emery et *Leptothorax longispinosus* Roger. Les trois premières espèces abondent dans les forêts du nord et du centre des États-Unis mais semblent atteindre ici la limite nord de leur distribution. *Camponotus pennsylvanicus*, qui représente pourtant la forme la plus

abondante du genre dans le nord-est des États-Unis (Wheeler et Wheeler, 1963), n'est connue parallèlement que par une seule butineuse. Une fourmi typique des forêts boréales et alpines (Wheeler et Wheeler, 1963), *Formica neorufibarbis* semble retrouver dans les peuplements conifériens C et E des conditions écologiques similaires mais beaucoup moins adéquates que celles qu'elle rencontre dans son habitat typique. *Leptothorax longispinosus,* quoique récoltée en assez grande quantité dans les peuplements B et D, possède, pour sa part, une distribution trop limitée et trop peu caractéristique pour satisfaire à la définition des espèces caractéristiques.

Espèces caractéristiques

Les fourmis de ce groupe peuvent être considérées comme celles qui s'identifient le plus au milieu dans lequel elles vivent. Elles y retrouvent les conditions optimales pour leur développement et leur reproduction et sont capables d'y maintenir un taux d'activité normal. Ces espèces peuvent, par conséquent, servir de base à l'identification des différentes biocénoses myrmécologiques.

La biocénose la plus simple que l'on puisse identifier de cette façon est celle que l'on rencontre dans le biotope A où, seule, *Stenamma diecki* Emery se maintient en quantité suffisante pour pouvoir être considérée comme caractéristique. Le milieu E, beaucoup plus riche que le précédent, comprend, lui aussi très peu d'espèces essentielles. Ce sont en l'occurrence : *Myrmica* sp., *Stenamma diecki* et *Lasius alienus.* Tous les autres biotopes renferment un nombre beaucoup plus élevé d'espèces caractéristiques. Dans les milieux B et C, ce nombre dépasse même le nombre d'espèces accessoires ce qui suppose des communautés assez âgées (Smith-Davidson, 1932).

Dans le peuplement B, on peut considérer comme caractéristiques les espèces suivantes : *Leptothorax muscorum, Myrmica* sp., *Stenamma diecki, Tapinoma sessile, Camponotus noveboracensis, Lasius alienus, L. umbratus* (Nylander), *Formica fusca* et *F. subnuda* Emery. Dans le peuplement C, par contre, *T. sessile* n'apparaît plus que sous forme de rares butineuses et *C. herculeanus* remplace totalement *C. noveboracensis.* La biocénose de ce milieu se caractérise alors par la présence de *Leptothorax muscorum, Myrmica* sp., *Stenamma diecki, Camponotus herculeanus, Lasius alienus, L. umbratus, Formica fusca* et *F. subnuda.* La présence de *Myrmica* sp., *Stenamma diecki, Tapinoma sessile, Lasius alienus, L. umbratus, Formica fusca* et *F. subnuda* à l'intérieur du milieu D est également caractéristique.

Les espèces caractéristiques varient donc considérablement d'un milieu à l'autre et il arrive souvent, comme on l'a mentionné plus haut, qu'une forme considérée comme essentielle dans un milieu, devienne accessoire dans d'autres. Il va sans dire que la majorité des espèces reconnues comme telles (*Stenamma diecki, Camponotus herculeanus, Lasius alienus* et *L. umbratus*) présentent des habitudes généralement sylvicoles. *Leptothorax muscorum* et *Camponotus noveboracensis* appartiennent en grande partie aussi à ce groupe. D'autres espèces comme *Tapinoma sessile, Formica fusca* et *F. subnuda* semblent pour leur part habiter indifféremment les lieux boisés et non boisés, de sorte que leur présence dans les peuplements inventoriés ne semble pas, à priori, liée à la nature du lieu.

Distribution systématique des espèces caractéristiques

Myrmica sp. (Letendre *et al.,* 1971)

Myrmica sp. est une espèce que l'on rencontre en assez grande abondance

dans tous les biotopes inventoriés, à l'exception de l'érablière à sucre (biotope A). Sa présence se limite, toutefois, aux endroits relativement ouverts où le pourcentage de couverture varie entre 25 et 75 pour cent (fig. 5 à 8). Cette distribution est conforme, en général, aux résultats obtenus par Béique et Francoeur (communication personnelle) dans le sud du Québec et détermine, en grande partie, l'absence de cette fourmi à l'intérieur du biotope A.

Myrmica sp. représente, par sa distribution géographique, une forme typiquement nordique et atteint sa limite sud dans la région septentrionale des États-Unis (Béique, communication personnelle).

Stenamma diecki

Cette fourmi est certainement, de toutes les espèces récoltées, celle qui semble la mieux adaptée pour survivre aux conditions écologiques qui prévalent à l'intérieur de la région d'étude. Non seulement représente-t-elle la seule forme nichant en abondance dans tous les milieux inventoriés, mais c'est aussi la seule qui possède une distribution aussi vaste à l'intérieur de chacun des biotopes (fig. 4 à 8).

S. diecki manifeste une préférence marquée pour les peuplements fermés et les microhabitats où le couvert végétal atteint une densité élevée. Ceci est illustré, entre autres, par son absence totale de part et d'autre du sentier qui découpe la partie inférieure du milieu E et par sa grande abondance dans les zones les plus boisées du biotope (fig. 8). On observe une distribution semblable, quoique moins caractéristique, à l'intérieur du biotope C (fig. 6).

En raison du rôle primordial joué par cette espèce dans les peuplements forestiers de la région d'étude, une analyse détaillée de son écologie et de sa distribution a été présentée dans une publication antérieure (Letendre et Pilon, 1972).

Leptothorax muscorum

Dans la région étudiée, *L. muscorum* semble habiter de préférence les endroits assez ouverts comme le bord des sentiers (biotope C), les surfaces rocheuses exposées (biotope B) ou encore les zones de faible densité du couvert végétal (biotopes B, C, D). Cette espèce peut également s'établir dans des endroits beaucoup plus fermés : elle fut décelée, entre autres, à l'intérieur du biotope E, où la couverture végétale est en moyenne supérieure à 85%.

Une tolérance similaire pour le degré d'ouverture du milieu a déjà été démontrée par Gregg (1963) au Colorado. L'auteur retrouve des colonies dans des biotopes aussi variés que la toundra sèche et les jardins cultivés, en passant par les forêts de conifères et les forêts décidues. Selon Brown (1955), il s'agit même d'une des rares fourmis capable d'habiter la zone de toundra qui s'étend au nord de la ligne des arbres ; celui-ci ajoute qu'elle constitue l'espèce la mieux adaptée pour survivre aux conditions écologiques qui prévalent à l'intérieur de ce milieu.

Gregg (1963) inclut *L. muscorum* dans la catégorie des espèces boréo-alpines, ce qui expliquerait sa fréquence assez élevée au niveau de la région d'étude et notamment dans les milieux semi-ouverts.

Tapinoma sessile

T. sessile, l'une des fourmis les mieux répandues dans le sud du Canada et l'ensemble des États-Unis (Gregg, 1963), n'a été rencontrée qu'à très peu de reprises dans les milieux in-

ventoriés. Ceci est d'autant plus surprenant que M. R. Smith (1928) la considère comme étant généralement indépendante du type de sol, de l'altitude et de l'humidité du milieu.

De fait, seuls les biotopes présentant, en moyenne, un pourcentage de couverture assez faible et, par conséquent, une exposition appréciable, semblent favoriser l'établissement de ses colonies. Ceci présuppose donc une action limitante de la structure du milieu sur la distribution de cette espèce et, par le fait même, une tolérance beaucoup plus faible dans la région étudiée.

Cette préférence pour les milieux ouverts a également été observée par Béique et Francoeur (communication personnelle) dans le sud du Québec où plus de 90 pour cent des colonies de cette espèce occupaient des habitats présentant un degré d'éclairement supérieur à 50 pour cent. Près de 60 pour cent des colonies récoltées provenaient, en plus, d'habitats avec une illumination variant entre 75 et 100 pour cent. Les observations faites par Headley (1943) dans le nord-est des États-Unis vont aussi dans le même sens.

La latitude ne semble pas jouer un rôle important ici puisque *T. sessile* se rencontre fréquemment à des latitudes beaucoup plus élevées et y occupe parfois des microhabitats assez fermés.

Camponotus herculeanus

Cette espèce, quoique très peu abondante dans les biotopes inventoriés, constitue néanmoins une forme caractéristique en raison de la grande taille de ses colonies et de sa spécificité très nette pour le milieu C [4]. Cette spécificité semble étroitement liée à la composition de la strate arborescente du peuplement. Selon Hölldobler (1944) et Sanders (1964), en effet, *C. herculeanus* montre une préférence nidicole marquée pour les troncs de sapins, d'épinettes et de thuyas qui caractérisent le biotope C. Ces essences sont aussi caractéristiques de la zone boréale et alpine à l'intérieur de laquelle se situerait, selon Gregg (1963), le centre de distribution de cette fourmi.

L'un des nombreux facteurs responsables de la préférence manifestée par *C. herculeanus* pour les troncs de sapins réside probablement dans l'interdépendance très grande qui existe, en plusieurs endroits, entre cette espèce et le puceron lanigère du sapin, *Chermes piceae* (Ratz.) (Mac Aloney, 1935). Le taux de mortalité élevé observé dans la strate arborescente de l'île pourrait aussi intervenir en ce sens puisque, comme l'a montré Sanders (1964), la position du nid chez cette espèce est en relation étroite avec le degré de décomposition du bois par les champignons.

Camponotus noveboracensis

C. noveboracensis représente l'équivalent écologique de *C. herculeanus* dans le milieu semi-ouvert B. Elle constitue, cependant, une fourmi plus tolérante que cette dernière et peut occuper, sous forme de butineuses, des biotopes très fermés (milieu E). Encore ici, la présence d'ouvrières isolées ne prouve pas l'établissement de *C. noveboracensis* dans un tel biotope mais indique seulement que l'espèce n'en est pas totalement exclue.

Malgré son grand pouvoir d'adaptation, *C. noveboracensis* est fortement limitée dans sa distribution par la nature du peuplement végétal. Étant donné les préférences écologiques semblables manifestées par cette espèce et *C. hercu-*

[4] La présence d'une butineuse isolée à l'intérieur du biotope E ne permet pas de conclure à l'établissement de *C. herculeanus* dans un tel *milieu.*

leanus dans le sud du Nouveau-Brunswick (Sanders, 1964), une compétition plus ou moins exclusive entre ces deux fourmis pourrait également être à l'origine de la spécificité observée. Cette dernière hypothèse expliquerait notamment l'absence de colonies des deux espèces à l'intérieur d'un même milieu.

C. noveboracensis constitue, par ailleurs, une forme beaucoup plus méridionale que *C. herculeanus.* Son centre de distribution se situerait au niveau de la forêt mixte (Gregg, 1963), à laquelle se rattachent en particulier les peuplements B, D et E et, de façon générale, toute la région d'étude.

Lasius alienus

L. alienus constitue, après *Stenamma diecki,* la fourmi la plus abondante dans les peuplements forestiers de la région d'étude avec 28 colonies recueillies par la seule méthode quantitative. C'est aussi la seule autre espèce que l'on rencontre dans tous les biotopes échantillonnés. Sa présence, sous forme d'un unique mâle errant, à l'intérieur du milieu A, ne permet pas toutefois de la considérer comme un membre permanent de ce biotope. Ceci est d'autant plus surprenant que Francoeur (1965, 1966a, 1966b) retrouve cette fourmi en abondance dans toutes les érablières à sucre qu'il a inventoriées. Dans un peuplement identique, étudié par Headley (1941) dans l'est des États-Unis, elle représente même la seule espèce de fourmis qui s'y soit établie.

La très grande tolérance manifestée par *L. alienus* dans la région d'étude lui permet d'occuper avec succès des endroits aussi denses que le biotope E de même que certaines régions très fermées des biotopes B, C et D (fig. 5 à 7). Elle rend de plus possible son établissement dans des endroits très ouverts, comme la lisière des sentiers (biotopes C et E) et les promontoires rocheux dénudés (biotopes B et D) (fig. 5 à 8). *L. alienus* a également été rencontrée à plusieurs reprises dans les zones semi-boisées de l'île et du biotope D (fig. 6 et 7). Cette espèce ne serait donc pas aussi limitée que le pensait Wilson (1955) aux forêts ombragées mais elle semble, tout de même, montrer une certaine prédilection pour les milieux boisés en général. On la rencontre assez rarement, en effet, loin des régions forestières.

Grâce à ce pouvoir d'adaptation remarquable, *L. alienus* abonde dans tout le sud du Canada ainsi que dans l'est et dans l'extrême ouest des États-Unis.

Lasius umbratus

L. umbratus a été récoltée, pour sa part, dans trois des cinq milieux échantillonnés (biotopes B, C, D) mais sa présence reste en général confinée aux couches profondes du sol. Un tel mode de vie serait à l'origine, entre autres, du petit nombre de colonies décelées au moyen de l'inventaire qualitatif. Par ailleurs, près de la moitié des nids recueillis lors de l'échantillonnage quantitatif sont représentés par des reines isolées, ce qui rend assez difficile toute interprétation de leur distribution.

Cette espèce semble néanmoins exhiber une préférence distincte pour les lieux relativement ouverts de la région d'étude. La majorité des colonies, et en particulier les colonies âgées, ont été observées soit sur de petites élévations dénudées (biotopes B, D), soit dans des zones essentiellement arbustives (biotope C) (fig. 6). Un certain nombre de colonies habitaient également des endroits beaucoup plus fermés ; ces colonies étaient constituées, pour la plupart, par des reines colonisatrices.

Il semble que le facteur responsable d'une telle distribution réside avant tout

dans le comportement nidicole de l'espèce. De fait, *L. umbratus* dépend beaucoup plus du microhabitat que du macrohabitat pour retrouver les conditions d'humidité et de fraîcheur nécessaires à son établissement et ceci peut être mis en rapport avec les moeurs essentiellement cryptozoïques de l'espèce. Il est possible, parallèlement, que la distribution de cette fourmi soit intimement liée à celle des insectes mellifères qu'elle entretient sur les racines souterraines des plantes (Dennis, 1938).

Au point de vue de sa distribution géographique, *L. umbratus* appartient à la zone de transition (Gregg, 1963) qui comprend tout le sud du Canada, depuis la Nouvelle-Écosse jusqu'aux montagnes Rocheuses, de même qu'une bonne partie du nord des États-Unis. Elle se rencontre aussi dans des régions plus septentrionales et plus méridionales ; Wheeler et Wheeler (1963) rapportent notamment la présence de celle-ci dans les régions montagneuses du sud des États-Unis.

Formica subnuda

Selon Creighton (1950), *F. subnuda* possède un comportement nidicole extrêmement flexible et peut habiter aussi bien les forêts denses (décidues ou coniférienne) que les bois ouverts ou les zones totalement exposées. Dans la région inventoriée, elle est cependant limitée, comme *F. fusca* et *Tapinoma sessile*, aux forêts semi-ouvertes (biotopes B, C et D). Elle y occupe les microhabitats bien éclairés, telles la surface des gros rochers nus (biotopes B et D) ou encore les zones arbustives qui recouvrent l'île (biotope C) en de nombreux endroits (fig. 6).

D'une façon générale, la présence de cette espèce semble beaucoup plus liée au milieu physique, constitué par la structure du biotope, qu'au milieu biotique, représenté par la nature du peuplement végétal. Sa distribution à l'intérieur des biotopes inventoriés serait de plus fortement influencée par l'interdépendance très grande qui existe entre cette espèce et les ouvrières du groupe *F. fusca*, qui constituent ses principaux esclaves (Headley, 1943).

La distribution nord-américaine de *F. subnuda* est typiquement boréale et se limite presqu'exclusivement au Canada et au nord des États-Unis. Elle présente aussi quelques extensions dans les endroits élevés du centre et du sud des États-Unis (Creighton, 1950). Il n'est donc pas surprenant de la rencontrer au niveau de la région d'étude, malgré son exclusion apparente de la plupart des biotopes forestiers inventoriés.

Formica fusca [5]

F. fusca est une fourmi extrêmement bien répandue dans toute la région d'étude, mais sa prédominance découle avant tout de la grande activité manifestée par ses ouvrières plutôt que de l'abondance réelle de ses colonies. En effet, quatre nids seulement de cette espèce ont pu être mis à jour à l'aide de la méthode quantitative, trois d'entre eux ayant été récoltés à l'intérieur du biotope B. Le nombre relativement élevé de colonies révélées par l'inventaire qualitatif, la spécificité très grande de leur distribution et le rôle de premier ordre joué par cette espèce à l'intérieur de sa biocénose font toutefois de *F. fusca* l'une des espèces les plus déterminantes dans les milieux qu'elle occupe.

La présence de *F. fusca* dans les biotopes inventoriés semble liée intimement à la structure du milieu et plus particulièrement à son degré d'ouverture. De

[5] Telle qu'idendifiée par Francoeur (1972) dans le cadre de sa revision taxonomique des espèces nord-américaines du groupe *fusca*, genre *Formica*.

cette espèce abonde dans les mi- B, C et D, qui présentent en de reux endroits les caractéristiques ieux ouverts, mais manque totale- dans les autres. Cette dépendance les lieux ouverts se fait également à l'intérieur des biotopes. Sur l'île ›pe C), par exemple, toutes les co- ; de *F. fusca* mises à jour occu- t le voisinage d'un des nombreux ›rs qui la traversent (fig. 6). Il se comme le mentionnait Dennis 3), que la température constitue le ır primordial limitant la distribu- le cette fourmi.

fusca est reconnue actuellement ıe une forme holarctique. Sa distri- ı en Amérique du Nord s'étendrait en ouest, du Canada au sud des ·Unis (Francoeur, communication nnelle). Il semble de plus qu'elle particulièrement bien adaptée aux tions qui prévalent à l'intérieur de ;ion d'étude, malgré sa faible abon- › dans les biotopes inventoriés.

ribution des espèces en relation avec les biotopes inventoriés

pproche analytique utilisée ici s'ins- les critères mis au point par Haya- (1960) dans le cadre d'une étude arative englobant la faune myrmé- ique de différents peuplements vé- x. Cette méthode allie essentielle- deux concepts : l'abondance rela- les colonies, représentée pour cha- ›spèce, par le rapport entre le nom- le colonies appartenant à l'espèce un milieu donné (c) et le nombre de colonies de cette espèce (C) ; ıdice de présence des espèces, met- en corrélation le nombre de bio- occupés par l'espèce considérée t le nombre total de milieux échan- ıés (S).

rapport c/C faible (<0.5) indique ›persion d'une espèce à l'intérieur de plusieurs biotopes et dénote chez cette fourmi un grand pouvoir d'adaptation écologique ou du moins une certaine indifférence quant au type de biotope utilisé. On dit de ces espèces qu'elles ont une distribution *uniforme*. Au contraire, un indice s/S faible (<0.5) indique que l'espèce n'est présente qu'à l'intérieur d'un petit nombre de biotopes et qu'elle exhibe une préférence significative pour ce ou ces biotopes. L'espèce possède, dans ce cas, une distribution de type *morcelé*. Les valeurs de ces rapports sont représentées à la figure 3, pour toutes les espèces décelées et pour les deux types d'inventaires considérés.

Selon les critères établis précédemment, 14 des 24 espèces récoltées présenteraient une distribution de type morcelé, leur présence se limitant à moins de la moitié des biotopes inventoriés. Ce sont, en général, des espèces très peu abondantes et toutes, sauf *Camponotus herculeanus*, appartiennent à la catégorie des espèces accessoires. Ainsi, malgré leur préférence apparente pour un ou quelques biotopes bien particuliers, ces fourmis « ne rencontreraient [dans aucun des milieux à l'étude] les conditions les plus adéquates pour leur développement » (Francoeur, 1966a). En d'autres termes, leur présence dans de tels biotopes ne serait pas uniquement liée à la nature intrinsèque du milieu mais représenterait en grande partie le fruit du hasard.

Les autres fourmis présentent une distribution beaucoup plus uniforme et se rencontrent dans la plupart des biotopes inventoriés. De plus, toutes, sauf *Myrmica kuschei*, occupent ces biotopes en assez grande abondance pour pouvoir être considérées comme caractéristiques.

Seule *Stenamma diecki*, toutefois, maintient un développement optimal dans l'ensemble des milieux étudiés. Quelques

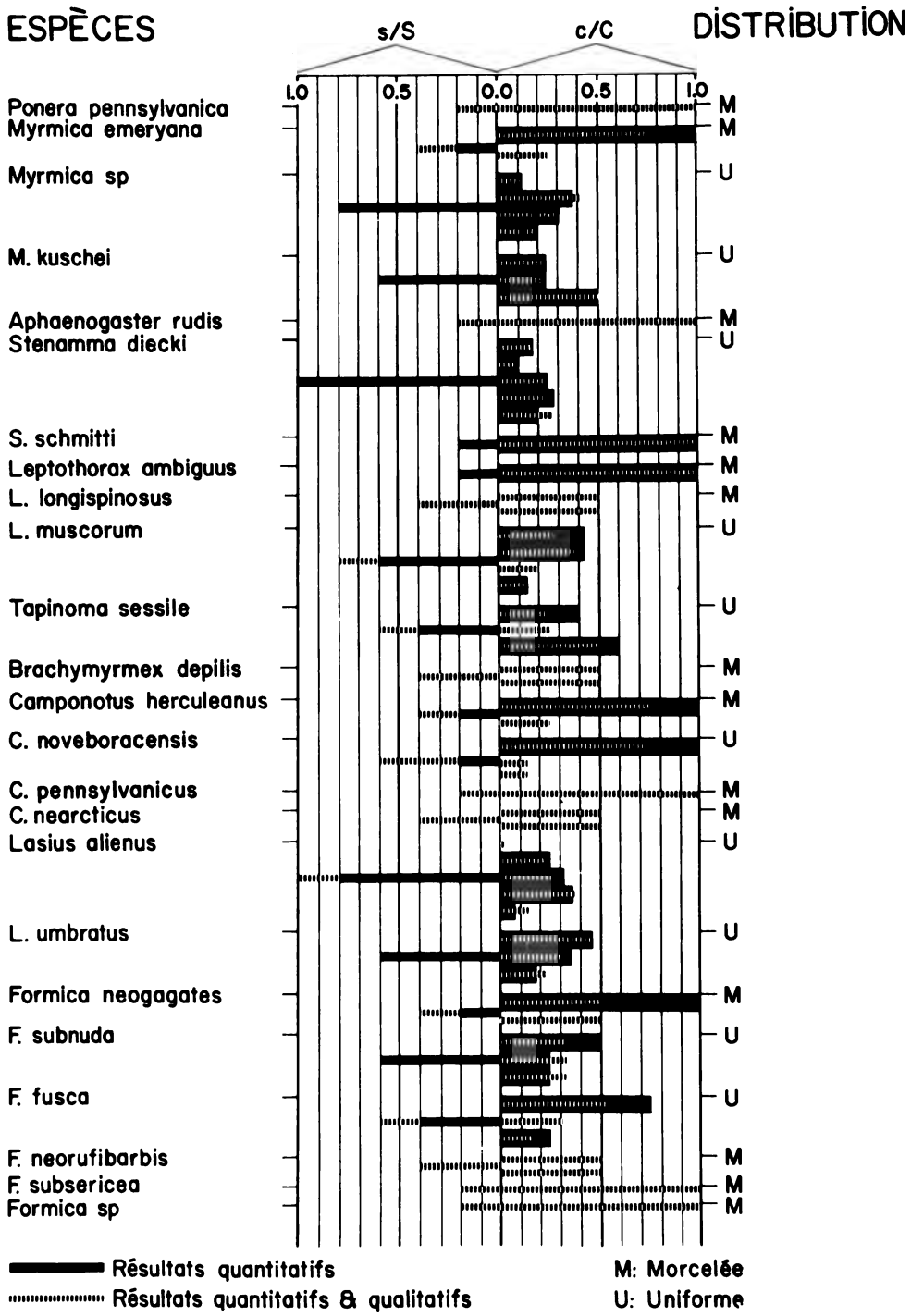


Figure 3. Types de distribution des espèces récoltées d'après les valeurs des ind s/S et c/C.

;omme *Leptothorax muscorum,* sp. et *Lasius alienus* semblent ı limitées par la nature du milieu mais, pour une raison ou une parviennent pas à s'établir à · de l'érablière à sucre (biotope autres espèces à distribution sont toutes restreintes à cerieux en particulier ; elles abonamment dans les biotopes de ıi-ouvert (biotopes B, C et D). -unes même ne semblent bien qu'à un seul type de milieu ; ;as entre autres de *Camponotus ıus* et de *C. noveboracensis.*

ıclusion, les espèces à distribuorme peuvent être considérées les formes typiques de la région ée mais toutes ne semblent pas , dans les mêmes milieux et au iveau, les conditions optimales · développement et leur établis-

ıtion des espèces à l'intérieur les biotopes inventoriés

ıe l'a démontré R. L. Smith les constituants physiques et du milieu peuvent influencer ɜurs façons la répartition d'une l'intérieur de son habitat.

certains cas, lorsque la territole l'espèce est bien établie les conditions du milieu sont ɜs, on peut avoir une distributivement *uniforme,* où tous les sont à peu près également dis-ɜs uns des autres. Plus rarement, /idus d'une population peuvent r ce qui semble être une distri-*u hasard.* Dans ce cas, la posi-:haque individu dans le biotope iquement une question de chanır conséquent, sans relation avec ı lui-même. Les conditions du tant rarement uniformes, toutefois, et les espèces rarement indifférentes, ces dernières tendent généralement à occuper les endroits les plus favorables pour leur développement et leur survie. Il en résulte alors un phénomène d'aggrégation et une distribution de type *contagieux.*

Il est évident, comme le mentionne Cole (1946), que les insectes sociaux, et en particulier les fourmis, ne sont pas distribués au hasard dans le milieu mais qu'ils forment, au contraire, des groupements bien définis et durables. Ces groupements ou colonies représentent par contre des entités individuelles en elles-mêmes, avec leur propre pouvoir d'action et leur propre distribution, et c'est à ce niveau surtout qu'il convient de les étudier.

On peut s'attendre normalement à ce que des fourmis aussi tolérantes que *Stenamma diecki, Leptothorax muscorum, Lasius alienus* et *L. umbratus* soient dispersées d'une façon relativement uniforme ou au hasard à l'intérieur du ou des biotopes qu'elles occupent. Lorsque le milieu est très homogène, comme dans le cas du biotope A, la distribution cumulative de ces fourmis et, par suite, celle de la biocénose myrmécologique tout entière, devraient théoriquement aussi présenter une telle distribution. Brian (1956) arrive à des conclusions analogues en étudiant la dispersion des nids de quatre fourmis dominantes à l'intérieur d'une clairière du sud-ouest de l'Écosse.

Vu l'éloignement des différentes surfaces-échantillons, cependant, la distribution réelle des colonies à l'intérieur des cinq biotopes inventoriés pourrait s'avérer partiellement masquée et présenter, en conséquence, une distribution beaucoup moins uniforme (fig. 4 à 8). La nature du microhabitat, par exemple, semble avoir une influence déterminante sur la distribution de plusieurs espèces

de fourmis, incluant un certain nombre de formes assez tolérantes. Quelques espèces sont même restreintes à des zones de nidification relativement limitées (fig. 5 et 8). En dénombrant toutes les colonies de fourmis présentes à l'intérieur d'une seule grande surface-échantillon, Yasuno (1964) a pu démontrer, dans cette optique, que deux des trois espèces de prairies les plus communes au Japon présentaient une distribution typiquement contagieuse ; l'autre espèce montrait une distribution tantôt contagieuse, tantôt uniforme.

La distribution globale de toute la biocénose myrmécologique à l'intérieur des biotopes présente rarement, elle aussi, une structure très uniforme. Cette distribution serait notamment en relation avec le degré de diversité du milieu, atteignant l'aspect le plus contagieux dans le biotope le plus variable (biotope C), et la structure la plus uniforme à l'intérieur du milieu le plus homogène (biotope A).

Les principaux facteurs responsables de la distribution contagieuse des fourmis à l'intérieur des différents biotopes

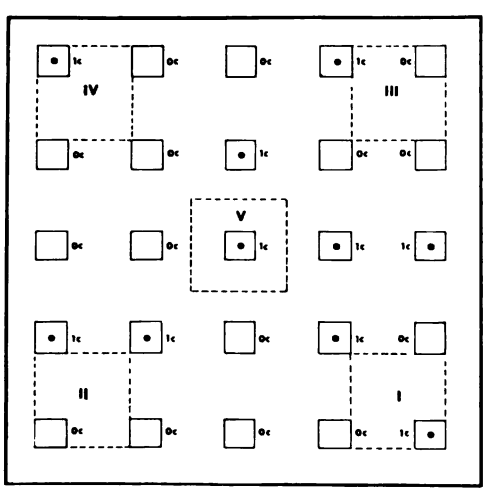


Figure 4. Distribution des nids de *Stenamma diecki* dans la station-échantillon A. Les chiffres suivis de la lettre « c » représentent le nombre total de colonies récoltées à l'intérieur de chaque surface-échantillon.

inventoriés appartiendraient à trois gories bien distinctes : l'ensoleille et ses facteurs associés (tempér humidité, etc.) ; la compétition int interspécifique ; et l'abondance de cromilieux de nidification. La natu

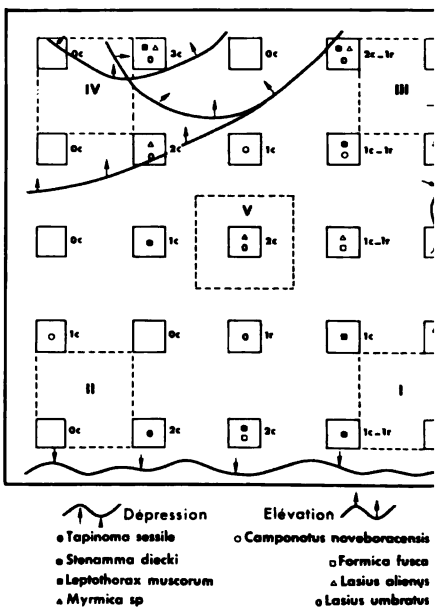


Figure 5. Distribution des principales ces de fourmis présentes dans la station- tillon B. Les chiffres suivis des lettres « « r » représentent respectivement le nombr de colonies et de reines récoltées à l'int de chaque surface-échantillon.

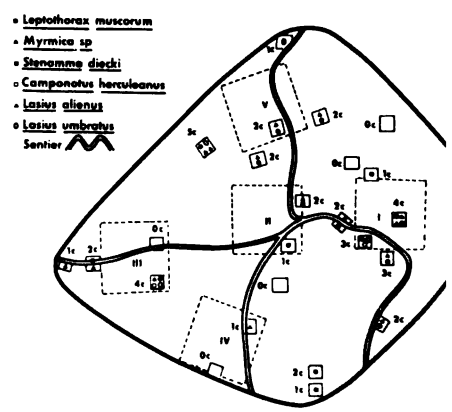


Figure 6. Distribution des principales ces de fourmis présentes dans la station- tillon C. Les chiffres suivis de la lettre représentent le nombre total de colonies reines récoltées à l'intérieur de chaque su échantillon.

sol et l'aspect du terrain semblent également influencer la distribution de plusieurs espèces de fourmis.

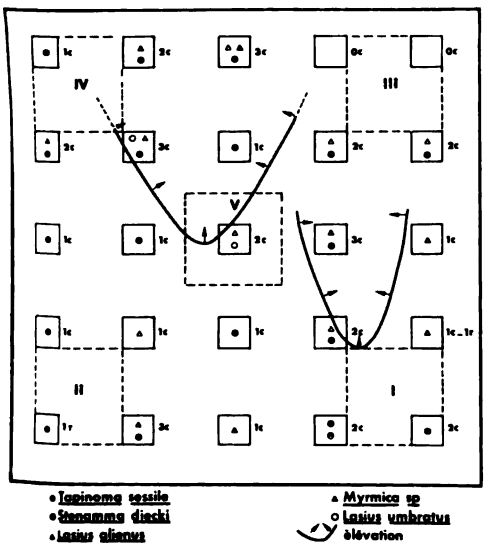


Figure 7. Distribution des principales espèces de fourmis présentes dans la station-échantillon D. Les chiffres suivis des lettres « c » et « r » représentent respectivement le nombre total de colonies et de reines récoltées à l'intérieur de chaque surface-échantillon.

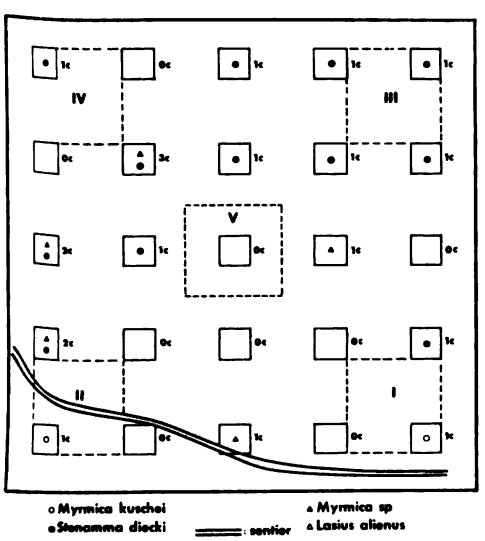


Figure 8. Distribution des principales espèces de fourmis présentes dans la station-échantillon E. Les chiffres suivis de la lettre « c » représentent le nombre total de colonies récoltées à l'intérieur de chaque surface-échantillon.

Critères biocénotiques

GENRES DOMINANTS

En raison de la similitude relativement grande qui existe souvent entre les différentes espèces d'un même genre, l'étude de ces derniers peut être considérée comme la synthèse des manifestations biologiques diverses propres à chacune des espèces qu'ils renferment. En outre, l'étude des genres dominants représente un excellent critère pour identifier la nature des biocénoses. Malgré ce potentiel écologique évident, rares sont les études qui visent à préciser l'importance des genres dominants dans un biotope donné, et ceci peut être mis en corrélation avec un manque presque total de données quantitatives sur le sujet.

Il existe plusieurs façons de déterminer la dominance des genres à l'intérieur de la biocénose ; nous nous bornerons ici à la comparaison de leur abondance dans chacun des biotopes inventoriés (fig. 9). Pour ce faire, seuls les genres rencontrés à cinq reprises ou plus dans la station-échantillon seront considérés comme dominants.

Un seul genre, le genre *Stenamma*, occupe d'une façon permanente le biotope A. Il représente donc l'unique genre dominant de ce biotope. D'autres érablières à sucre renferment souvent le genre *Lasius* comme unique dominant (Headley, 1941, 1952) ou comme codominant (Francoeur, 1966a, 1966b ; Talbot, 1934).

Le milieu E, représenté par la forêt mixte de conifères et d'espèces décidues, maintient une communauté myrmécologique plus variée, dominée en grande partie par les genres *Myrmica* et *Stenamma*. Ces genres caractérisent, d'une façon générale, les endroits assez denses et sont donc bien adaptés aux conditions qui prévalent à l'intérieur du milieu E. La dominance observée chez

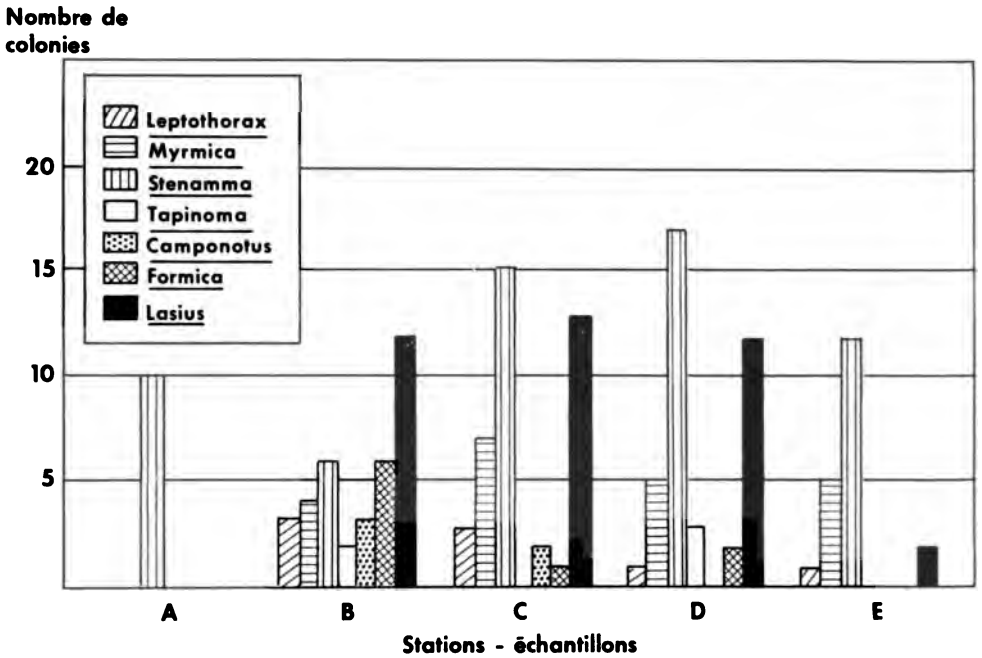


Figure 9. Histogramme de l'abondance des genres dans les différentes stations-échantillon inventoriées.

ces fourmis est d'autant plus nette que la somme des colonies de tous les autres genres présents (*Leptothorax* et *Lasius*) n'égale en aucun cas le nombre total de colonies obtenu pour l'un ou l'autre de ces genres. Un cas sensiblement analogue a déjà été observé par Béique et Francoeur (1968), à l'intérieur d'un peuplement ouvert d'épinettes noires, dans le sud du Québec. Par suite de la faible densité du peuplement, toutefois, le genre *Leptothorax* y était devenu beaucoup plus abondant et avait totalement remplacé le genre *Stenamma*.

Myrmica et *Stenamma* constituent aussi, avec *Lasius*, les genres dominants dans les biotopes C et D, et ce autant en ce qui concerne le nombre de colonies que le nombre d'espèces récoltées par la méthode quantitative. Les biocénoses maintenues dans ces deux stations seraient, par conséquent, assez semblables bien qu'elles appartiennent à des milieux très différents en apparence. La co-dominance des individus du genr *Lasius* dans de tels biotopes est tout fait normale, par contre, si l'on cons dère que ce genre abonde fréquemmer dans les bois ouverts.

Le milieu B présente, pour sa par une biocénose myrmécologique dominé avant tout par les genres *Stenamm Formica* et *Lasius*. Il semble, si on e juge d'après les travaux de V. G. Smit (1928), qu'une telle biocénose pourra être à l'origine de celle qui s'est dév loppée à l'intérieur du milieu D, ou d moins qu'elle s'en rapproche beaucou Cet auteur, étudiant la succession écol gique dans un peuplement plus ou moir analogue à celui du milieu B, a pu d montrer, en effet, que les communauté sylvicoles les plus jeunes se caractéris raient généralement par la prédominanc des genres *Formica* et *Lasius*. Dans l étapes plus âgées, au contraire, seul genre *Lasius* pouvait être considéré con me dominant.

TABLEAU VIII

Densité des colonies récoltées par la méthode quantitative (colonie/m²)

Espèces	*Stations-échantillons*					*Moyenne*
	A	B	C	D	E	
Myrmica emeryana		0.04				0.01
Myrmica sp.		0.08	0.24	0.20	0.12	0.13
M. kuschei		0.04	0.04		0.08	0.03
Stenamma diecki	0.40	0.24	0.60	0.64	0.48	0.46
S. schmitti				0.04		0.01
Leptothorax ambiguus				0.04		0.01
L. muscorum		0.12	0.12		0.04	0.06
Tapinoma sessile		0.08		0.12		0.04
Camponotus herculeanus			0.08			0.02
C. noveboracensis		0.12				0.02
Lasius alienus		0.28	0.36	0.40	0.08	0.22
L. umbratus		0.20	0.16	0.08		0.09
Formica neogagates		0.04				0.01
F. subnuda		0.08	0.04	0.04		0.03
F. fusca		0.12		0.04		0.03
Densité totale par station-échantillon	0.40	1.64	1.64	1.60	0.80	1.18

Au niveau de la région d'étude, la dominance des genres serait donc fonction de la densité du milieu. Celle-ci est beaucoup plus nette, entre autres, dans les milieux les plus denses, i.e. dans ceux qui se rapprochent le plus du type forestier. Inversement, une augmentation du degré de couverture du milieu se traduit, dans presque tous les cas, par un accroissement du nombre et de l'abondance des genres sylvicoles.

DENSITÉ DES COLONIES

La densité des colonies récoltées par la méthode quantitative varie selon les biotopes de 0.40 à 1.64 par mètre carré et, selon les espèces, de 0.00 à 0.64 par mètre carré (tableau VIII). Comme ces valeurs proviennent essentiellement des données contenues dans le tableau V, tout ce qui a été dit au sujet de l'abondance de ces différentes colonies vaut aussi pour leur densité relative.

À la suite d'une étude intensive sur la faune myrmécologique de l'érablière à sucre, Francoeur (1966a, 1966b) établit, pour les peuplements de la région de Québec, une densité moyenne de 1.02 colonie par mètre carré ; il ajoute qu'on peut s'attendre à y rencontrer, en général, moins d'une colonie par mètre carré. Or, dans le biotope A qui appartient à la même association, la densité observée atteint tout juste 0.40 colonie par mètre carré. Ceci, comme on le verra plus tard, est relié d'une part à l'âge avancé du peuplement mais dépend aussi et avant tout de la structure très fermée de ce milieu. Dans une association d'érables et de hêtres de l'Ohio, Headley (1952) signale, pour sa part, la présence de 16 espèces de fourmis et une densité de 1.8 colonie par mètre carré.

Les milieux B, C et D maintiennent une densité quatre fois plus élevée que celle observée dans le milieu A, ce qui permet de supposer la présence de conditions pédologiques et microclimatologiques beaucoup plus adéquates à l'intérieur de ces biotopes. Une telle densité est encore bien loin cependant des valeurs obtenues par certains auteurs pour d'autres milieux tout aussi fermés. En étudiant la distribution des fourmis à l'intérieur d'un bois de chênes et de caryers du Missouri, Talbot (1957) trouve, par exemple, une densité moyenne de 5.1 colonies par verge carrée. Headley (1952) rapporte de son côté une densité supérieure à 11 colonies par mètre carré à l'intérieur d'une jeune plantation de robiniers du nord de l'Ohio.

Le milieu E, par comparaison, maintient une densité anormalement élevée pour un biotope de type conifèrien et la lisière qui longe la limite inférieure de celui-ci en serait probablement à l'origine.

Lorsqu'on considère la densité des espèces individuelles, *Stenamma diecki* vient en tête de liste dans presque tous les biotopes inventoriés avec une moyenne globale de 0.46 colonie par mètre carré, soit le double de la densité présentée par *Lasius alienus* dans les mêmes milieux. Mentionnons aussi que la densité des colonies de *S. diecki* dans le biotope A (0.40 colonie par mètre carré) correspond sensiblement à celle maintenue par cette espèce dans l'ensemble des érablières inventoriées par Francoeur (1966a, 1966b) (0.44 colonie par mètre carré). Ceci laisse donc supposer une très grande adaptation de la part de cette fourmi pour les conditions écologiques qui prévalent à l'intérieur de ce type de biotope. Une seule autre espèce, *Myrmica* sp., présente une densité supérieure à 0.10 colonie par mètre carré pour l'ensemble des biotopes étudiés.

ANALYSE COMPARATIVE DES BIOCÉNOSES MYRMÉCOLOGIQUES

Le *critère différentiel d'Odum*, tel qu'utilisé par Maldague (1961) et modifié par Francoeur (1966a, 1966b), permet de comparer sur une base beaucoup plus objective la composition faunistique des différents biotopes inventoriés. Cet indice évalue le degré de dissimilitude existant entre chacune des biocénoses et a en outre l'avantage d'allier les aspects qualitatifs et quantitatifs de nos observations. Les données de l'échantillonnage quantitatif ont servi à l'élaboration des indices présentés dans le tableau IX.

D'après ces indices, les biocénoses myrmécologiques les plus semblables se retrouvent dans la forêt de bouleaux (biotope D) et la forêt coniférienne semi-ouverte (biotope C), ce qui avait déjà été observé au niveau de leur composition générique. Les biocénoses maintenues par les milieux B et E présentent elles aussi une assez grande similitude avec les associations précédentes. L'érablière à sucre renfermerait, pour sa part, la bio-

TABLEAU IX

Valeurs de l'indice d'Odum pour les colonies récoltées par la méthode quantitative dans les différentes stations-échantillons

Milieux de référence	*Stations-échantillons*				
	A	B	C	D	E
A		70.4%	60.8%	60.0%	33.3%
B	74.0%		37.7%	44.7%	57.1%
C	60.8%	37.7%		21.0%	37.7%
D	60.0%	44.7%	21.0%		43.3%
E	33.3%	57.1%	37.7%	43.3%	

cénose myrmécologique la plus distincte.

Le pourcentage de coïncidence assez faible qui existe entre les biocénoses des milieux B et D mérite également d'être souligné. La dissimilitude observée est d'autant plus surprenante que ces deux biotopes appartiennent, selon toute évidence, à la même succession écologique. D'autre part, l'importance de la nature du couvert végétal pour l'organisation de la biocénose est démontrée par la correspondance très grande qui semble exister entre les biocénoses myrmécologiques maintenues par les deux milieux conifériens, C et E.

Contrairement à l'indice d'Odum, le *quotient de similarité de Sorensen* (Kontkanen, 1957) (tableau X) nous renseigne essentiellement sur les aspects qualitatifs des différentes biocénoses, c'est-à-dire qu'il permet de comparer les communautés uniquement en fonction de la nature de leurs espèces. L'utilisation d'un tel coefficient a donc l'avantage d'isoler un seul des aspects de la biocénose, l'aspect qualitatif, et permet d'utiliser les données obtenues par les deux types d'échantillonnage. Contrairement aussi à l'indice d'Odum, il confronte les biocénoses non plus en fonction de leurs différences mais en fonction plutôt de leur similitude, ce qui fait ressortir de façon beaucoup plus marquée leurs affinités respectives.

TABLEAU X

Valeurs du quotient de similarité de Sorensen pour les colonies récoltées par la méthode qualitative et la méthode quantitative dans les cinq stations-échantillons

Milieux de référence	A		B		C		D		E	
	Qt	Qt + Ql	Qt	Qt + Ql	Qt	Qt + Ql	Qt	Qt + Ql	Qt	Qt + Ql
A			26.7%	21.1%	33.3%	28.6%	28.6%	21.1%	44.4%	36.4%
B	26.7%	21.1%			69.6%	62.1%	72.0%	76.5%	50.0%	46.2%
C	33.3%	28.6%	69.6%	62.1%			64.5%	62.1%	70.6%	66.7%
D	28.6%	21.1%	72.0%	76.5%	54.5%	62.1%			31.6%	38.5%
E	44.4%	36.4%	50.0%	46.2%	70.6%	66.7%	31.6%	38.5%		

Qt : échantillonnage quantitatif. Ql : échantillonnage qualitatif.

Lorsqu'on compare les biocénoses myrmécologiques uniquement en fonction de leurs espèces, on obtient des résultats sensiblement différents de ceux obtenus en prenant en considération la nature et l'abondance des espèces. Ainsi, on note une corrélation beaucoup plus grande entre les biocénoses myrmécologiques maintenues par les milieux B et D ; c'est dans ces deux communautés, de fait, que l'on rencontre le plus grand nombre d'espèces en commun. La ressemblance entre les biocénoses des milieux C et D devient pour sa part beaucoup moins marquée, atteignant même dans certains cas un niveau inférieur à celui présenté par les biocénoses des milieux B et C. Le quotient de Sorensen signale aussi une affinité beaucoup plus grande entre les communautés des milieux B et E qu'entre celles des milieux D et E, ce qui va à l'inverse des résultats obtenus pour l'indice d'Odum.

Là où les deux indices s'accordent, toutefois, c'est dans le caractère très particulier de la biocénose maintenue par l'érablière à sucre (biotope A) : dans les deux cas, seule la communauté du milieu E s'en rapproche quelque peu. Le quotient de similarité de Sorensen, tout comme l'indice d'Odum, signale de plus une très forte affinité entre les biocénoses des biotopes C et E, ce qui met encore en évidence le rôle déterminant joué par la nature du couvert végétal dans l'organisation de la communauté.

DIVERSITÉ DES BIOCÉNOSES ÉTUDIÉES

Le concept de diversité a une importance très grande en écologie puisqu'il constitue un attribut de toute biocénose naturelle ou organisée. On accorde à la diversité, entre autres, d'augmenter avec la succession, pour atteindre un maximum au niveau du climax. Elle aurait aussi comme rôle d'accentuer la stabilité de la biocénose et serait reliée intimement à la productivité, l'intégration et l'évolution de la communauté, à la structure des niches et à la compétition (McIntosh, 1967).

Telle qu'on la conçoit aujourd'hui (Mc Intosh, 1967), la diversité d'une biocénose est basée essentiellement sur deux concepts : la richesse de la biocénose, correspondant au nombre d'espèces qu'on y rencontre, et son « equitability », c'est-à-dire la répartition entre ces différentes espèces, du nombre d'individus (ou de colonies) présents. Ainsi, deux communautés qui se caractérisent par une même richesse peuvent, dépendant de la distribution spécifique des individus, présenter un degré de diversité différent ou non. Une diversité maximale s'obtiendrait si tous les individus étaient distribués également entre les espèces ; inversement, toute concentration des nombres pour une ou plusieurs espèces entraînerait une diminution inévitable de la diversité pour aboutir à un minimum lorsque tous les individus sont de la même espèce.

Différents critères ont été élaborés dans le but de représenter sous forme mathématique le degré de diversité d'une biocénose. Nous avons cru bon d'en retenir trois : l'indice de diversité de McIntosh (1967), l'indice de diversité de Margalef (Lloyd et Ghelardi, 1964 ; Lloyd *et al.*, 1968 ; Pielou, 1966) et l'indice de Williams (1951). Les valeurs de ces trois indices ont été calculées à partir des données de l'échantillonnage quantitatif et les résultats obtenus apparaissent dans le tableau XI.

Il est intéressant, en premier lieu, de souligner la corrélation relativement grande qui existe entre les résultats obtenus par ces différents indices. Ceci devient évident, entre autres, lorsqu'on compare les valeurs de l'indice de McIntosh et de l'indice de Margalef pour l'ensemble des biocénoses inventoriées.

TABLEAU XI

ɜ quelques indices de diversité pour différents biotopes inventoriés

Stations-échantillons				
A	B	C	D	E
0.00	65.48	52.86	50.13	36.36
1.00	10.86	4.94	4.36	2.68
0.00	3.31	2.49	2.43	1.73

s'accordent à attribuer à la com- myrmécologique de l'érablière (milieu A) une diversité nulle, ndant, évidemment, à la pré- une seule espèce à l'intérieur de pe. Le milieu B, par contre, qui térise par le nombre d'espèces élevé (13) et les valeurs numé- ɜs plus uniformes, maintient la la plus grande.

ɜndamment de l'indice utilisé, les biocénoses des milieux C et ésentent le degré de diversité le ıblable. Ceci, de même que la ɔn de diversité observée, est une large part, à la prédomi- arquée des colonies de *Stenam- ki* et de *Lasius alienus* dans ces ɔtopes. Une telle ressemblance ɜnd, aussi, une organisation moins convergente de toute la e. Bien plus, lorsqu'on réunit eul échantillon l'ensemble des quantitatifs obtenus dans ces ɔtopes, l'indice de Williams at- ıe valeur sensiblement égale 4.54) à celle obtenue pour les mmunautés prises séparément. mme l'indique Williams (1951), ıe les observations découlant des indices de comparaison utilisés plus haut (indices d'Odum et de Sorensen) et indique, pour ces biocénoses, une similitude très grande, autant en ce qui concerne leur organisation que la nature de leurs espèces.

La grande abondance des colonies de *Stenamma diecki*, ajoutée au peu d'espèces qu'on y rencontre, semble également responsable de la diversité très basse observée à l'intérieur du milieu E.

Discussion

Différents facteurs sont responsables des similitudes et des dissimilitudes observées entre les différentes biocénoses myrmécologiques étudiées. Quelques-uns de ceux-ci ont été effleurés au cours des sections précédentes ; d'autres, à cause probablement d'une action moins directe et souvent plus difficile à mesurer, sont beaucoup moins évidents. Nous tenterons dans cette section de connaître d'une façon plus détaillée la nature de ces facteurs et d'évaluer leur importance relative.

Pour ce faire, quatre grands groupes de facteurs ont été choisis, à savoir : la nature du peuplement végétal, le degré d'ouverture et le microclimat du biotope, la succession écologique, de même que certains facteurs biotiques comme la compétition et la prédation. Tous ces éléments représentent les caractéristiques essentielles et distinctives des cinq biotopes inventoriés et peuvent ainsi servir à expliquer les variations existant entre les biocénoses maintenues par ces différents biotopes. Le rôle du sol et des micromilieux de nidification feront, pour leur part, l'objet d'une publication ultérieure.

Nature du peuplement végétal

On a pu mettre en évidence, au cours des sections précédentes, l'existence d'une relation certaine, quoique souvent

confuse, entre la nature de la biocénose myrmécologique et la nature du peuplement habité. Il a été possible, entre autres, d'associer à chacun de ces peuplements un groupe de fourmis qui lui était caractéristique. Gaspar (1968), en étudiant la faune myrmécologique de différentes associations végétales au niveau des Basses-Alpes, avait pu caractériser d'une façon analogue quatre des cinq types de peuplements qu'il avait inventoriés.

Une telle sélection d'habitat semble liée dans plusieurs cas à la nature intrinsèque des végétaux qui composent le peuplement. C'est du moins ce qui ressort de la similitude relativement grande observée entre les biocénoses myrmécologiques des biotopes C et E, deux biotopes de type conifèrien. Seima (1964) a déjà démontré, dans cette optique, l'influence déterminante exercée par les plants de bouleaux sur la densité des populations de *Lasius* et de *Myrmica* dans certaines forêts d'U.R.S.S. Une sélection plus exclusive encore semble se faire chez les individus du genre *Camponotus* qui, comme Sanders (1964) l'a démontré, nichent presqu'exclusivement dans les arbres à bois mou.

D'autre part, c'est un phénomène bien connu que les forêts de conifères sont généralement plus pauvres en invertébrés du sol que les forêts décidues (Byzova et Chadaeva, 1965 ; Fenton, 1947). Ceci, comme l'indiquent R.L. Smith (1966) et Fenton (1947), est relié en grande partie au pouvoir de décomposition très faible des aiguilles de conifères ainsi qu'aux conditions microclimatiques très différentes qui prévalent en général sous les deux types de couverts végétaux. Le milieu C, en raison de ses caractéristiques particulières, ne peut être considéré comme un biotope conifèrien typique. De telles conditions pourraient cependant expliquer jusqu'à un certain point la pauvreté relative de la biocénose myrmécologique maintenue par le milieu E. Elles expliqueraient également les résultats analogues obtenus par Smirnov (1962), Forsslund (1944-45), Fichter (1939) et Van Pelt (1963) dans différentes régions coniférienes des États-Unis et d'Europe.

Il ne faudrait pas croire par ailleurs que tous les peuplements décidus sont invariablement riches. Frei-Sulzer (1941), Gaspar (1968), Van der Drift (1951) et Van Pelt (1963) ont montré que les peuplements dominés par le hêtre sont presque totalement et constamment dépourvus de fourmis. Parallèlement, la plupart des résultats publiés jusqu'ici sur la faune myrmécologique de l'érablière à sucre typique semblent confirmer ceux obtenus pour le biotope A, à savoir une densité très faible en colonies et un nombre d'espèces passablement réduit (Francoeur, 1966a, 1966b; Headley, 1941). Dans les deux cas, des conditions microclimatiques défavorables semblent être en cause.

Signalons, en dernier lieu, le rôle important joué par la diversité spécifique du couvert végétal sur la nature et l'abondance de la pédofaune. Pschorn- Walcher (1952) a conclu en ce sens que les peuplements mixtes de conifères et d'espèces décidues maintenaient une microfaune beaucoup plus riche, en nombre et en espèces, que les peuplements homogènes de pins et d'épinettes. Il est assez difficile de dire si un tel facteur peut agir aussi favorablement au niveau de la faune myrmécologique de nos biotopes, mais cette tendance semble exister, dans les montagnes du Colorado, chez les espèces du genre *Formica* (Gregg, 1964). Il se pourrait également que ce facteur soit à l'origine du petit nombre de fourmis rencontrées à l'intérieur du biotope A.

Degré d'ouverture du milieu et microclimat

Tout semble indiquer que le degré d'ouverture du milieu constitue l'un des facteurs les plus importants pour les biocénoses myrmécologiques de la région d'étude. On a observé plus haut, par exemple, que les biotopes les plus ouverts étaient invariablement ceux qui présentaient la faune myrmécologique la plus riche. De telles conclusions peuvent également s'appliquer à différentes autres régions des zones tempérées et nordiques (Béique et Francoeur, communication personnelle ; Pisarski, 1953 ; Van Pelt, 1963). De leur côté, Brian et Brian (1951), et plus récemment Pontin (1960), ont reconnu la nécessité d'un éclairement adéquat pour le développement optimal des colonies de *Myrmica* et de *Lasius* dans les régions froides et humides de Grande-Bretagne ; ils associent ce fait aux conditions thermiques insuffisantes qui prévalent au niveau de ces régions.

Différents facteurs climatiques peuvent servir d'intermédiaires dans l'établissement d'une telle relation entre le degré d'ouverture du milieu et sa biocénose.

Nous avons montré précédemment, par exemple, que l'accroissement du pourcentage de couverture de la strate arborescente entraînait parallèlement une forte augmentation de l'humidité de l'air (voir description des biotopes inventoriés). Or, c'est un phénomène bien connu que les fourmis manifestent une grande sensibilité pour les conditions d'humidité auxquelles elles sont soumises (Dennis, 1938 ; Gösswald, 1941 ; Krogerus, 1960) et, quoique plusieurs d'entre elles préfèrent un taux d'humidité maximal (Gösswald, 1941), la plupart optent nettement pour des macromilieux moins humides (Dennis, 1938 ; Jacot, 1940 ; Krogerus, 1960 ; Perttunen, 1955 ; Van Pelt, 1963). De plus, l'humidité de l'air conditionne, pour une large part, la quantité d'eau dans le sol ainsi que la température générale du biotope.

La température ambiante est également déterminée en grande partie par le degré d'ouverture du milieu. Dans ce cas, toutefois, il s'agit d'une corrélation inversement proportionnelle, la température étant plus basse en général dans les peuplements les plus denses. Dennis (1938), Dreyer et Park (1932), Gregg (1964), Kannowski (1958), Krogerus (1960) et Van Pelt (1963) ont étudié l'action sélective de la température sur les fourmis de la zone tempérée et tous s'accordent à attribuer à ce facteur un rôle déterminant dans la distribution locale de ces insectes. Dans ce cas encore, les milieux les plus propices, et en l'occurence les moins froids, se caractérisaient par une faune myrmécologique abondante et variée ; les milieux plus froids présentaient pour leur part une faune myrmécologique très appauvrie et, parfois même, absente. La température ambiante influence aussi, comme l'ont démontré Brian et Brian (1951), le développement des colonies de plusieurs espèces de fourmis. Ce facteur, allié à l'humidité du milieu, serait vraisemblablement à l'origine de la ressemblance très grande observée entre les biocénoses des milieux C et D.

La lumière elle-même semble avoir une influence très nette sur ces insectes (Krogerus, 1960). Ceci est démontré, entre autres, par une pigmentation en général très forte au niveau de leur tégument et par une dépendance marquée de leur cycle d'activité pour celui de la lumière.

Mentionnons, toutefois, qu'il est assez difficile de préciser l'importance exacte que l'on peut attribuer à l'un ou à l'autre

de ces agents climatiques puisque ceux-ci sont en général intimement liés les uns aux autres.

L'orientation du terrain et l'hétérogénéité du couvert végétal semblent aussi influencer considérablement le microclimat sous-jacent (Lee et Baumgartner, 1966). Gregg (1964) et Van Pelt (1963) ont montré, dans cette optique, qu'en réponse à une insolation beaucoup plus faible, les terrains orientés vers le nord et l'est (au niveau de la zone tempérée boréale) étaient généralement plus pauvres en fourmis que ceux orientés dans les autres directions ; ceux-ci maintenaient également des espèces différentes. Van Pelt (1963) et Passera (1967) ont observé, parallèlement, une relation certaine entre le degré d'inclinaison du terrain et l'abondance spécifique et numérique des fourmis qui y nichent. D'un autre côté, il est évident, comme le mentionne Talbot (1934), que plus la structure du biotope est hétérogène, plus le milieu sous-jacent est susceptible de présenter des conditions microclimatiques adéquates pour l'établissement d'un grand nombre de colonies et d'espèces. Ceci expliquerait alors, mis à part les avantages nidicoles et pédologiques beaucoup moindres, pourquoi les champs ouverts et les bois fermés sont typiquement plus pauvres en fourmis que les bois ouverts ; une telle relation pourrait expliquer aussi la très grande richesse du milieu C.

Succession écologique

Intimement lié à la nature du peuplement et au degré d'ouverture du milieu, le phénomène de la succession écologique ne présente pas moins un certain nombre d'effets qui lui sont caractéristiques. Ce phénomène entraîne souvent, par exemple, un accroissement graduel du nombre d'espèces et du nombre d'individus à l'intérieur de la biocénose, jusqu'à l'obtention d'un maximum au niveau du climax (R.L. Smith, 1966). Une augmentation identique semble exister dans le cas de la diversité spécifique, lorsqu'on considère la biocénose globale du biotope (R.L. Smith, 1966).

Si on regarde les résultats obtenus au cours de la présente étude, il semble bien évident qu'une telle généralisation ne s'applique pas à tous les groupes taxonomiques. Au contraire, au niveau de la région étudiée, les fourmis sont beaucoup plus abondantes et beaucoup plus variées dans les étapes transitoires de la succession (biotopes B et D) qu'elles ne le sont dans certains milieux plus près du climax (biotopes A et E). Ceci corrobore les résultats obtenus par Dowdy (1944) et Smith-Davidson (1932) pour certaines érablières du nord des États-Unis ainsi que ceux recueillis par Martin (1965, 1966) dans une plantation de pins rouges de l'Ontario. De tels résultats sont d'ailleurs facilement compréhensibles si l'on considère que les fourmis sont relativement peu affectées par les feux de forêts (Buffington, 1967), cause ultime de la succession dans ces régions.

Par contre, il existe des cas où la faune myrmécologique des associations de climax est beaucoup plus riche que celle rencontrée dans les associations de transition (peuplement C) et ceci est typique, comme le démontrent Carter (1962) et Dowdy (1947, 1951), des milieux climaciques ouverts. Cette relation laisse donc sous-entendre, en plus, une action fortement limitante de la part du microclimat lui-même, action qui est déterminée en grande partie par le degré d'ouverture du biotope.

Facteurs biotiques

En raison de l'importance réduite des facteurs biotiques comme facteurs limitant l'abondance, la diversité et la dis-

›n des organismes au niveau de la tempérée (Glen, 1954 ; Pianka, , toute interprétation de leur ac- ı ce qui concerne les fourmis de on d'étude, ne peut être considérée ›us une forme très approximative. ence de tels facteurs de contrôle › néanmoins être à l'origine de es-uns des résultats obtenus.

›t ainsi, par exemple, qu'on attri- ı grande partie à la compétition ›écifique, la distribution relative- uniforme présentée par *Lasius* ›, *L. umbratus, Myrmica* sp. et *nma diecki* à l'intérieur des diffé- ›iotopes inventoriés.

compétition mutuellement exclu- ›ntre *Camponotus herculeanus* et *veboracensis* semble par ailleurs ıcer grandement la répartition de ›ux espèces dans la région inven- Certains auteurs (Zappe, 1951 ; eyer, 1966) ont montré parallèle- 'action déterminante jouée par les ›ées sur la distribution et l'abon- des fourmis : dans tous les cas, et emble valable aussi au niveau de région, la prédominance de l'un ıtre de ces groupes taxonomiques ıait irrémédiablement la rareté de et vice-versa. Signalons, toute- ıue des données récentes sur le (Van der Aart et de Wit, 1971) nt contredire certaines de ces ob- ons.

ıtons, en dernier lieu, le pouvoir ıssi limitant joué par l'abondance, ›imité et la nature des sources de :ure dans le cas des espèces à limitée (Talbot, 1934 ; Dennis, ; par la distribution des esclaves › hôtes dans le cas des fourmis agistes et parasites (Dennis, Seima, 1964 ; Talbot, 1934 ; ›y, 1943) ; et le rôle joué par les eurs et les parasites au niveau de sité de la biocénose en général.

Remerciements

Nous tenons à remercier MM. André Francoeur et René Béique, respectivement professeur de biologie à l'Université du Québec à Chicoutimi et taxonomiste rattaché au Ministère des terres et forêts du Québec, pour l'aide précieuse qu'ils ont apportée à l'organisation générale de notre recherche. Nous tenons également à exprimer notre gratitude à la direction de la Station de biologie de l'Université de Montréal pour les facilités qu'elle a mise à notre disposition. Nous devons souligner en particulier l'aide apportée par MM. Robert Beauséjour et Gilles Lévesque, membres du personnel de la Station, pour les nombreuses heures passées avec nous sur le terrain.

Ce travail a pu être effectué grâce à une bourse et une subvention du Conseil national des recherches du Canada.

Références

BARONI-URBANI, C., 1969. Ant communities of the high-altitude Appennine grasslands. *Ecology,* 50(3) : 488-492.

BÉIQUE, R. et A. FRANCOEUR, 1966. Les fourmis d'une pessière à *Cladonia. Naturaliste can.,* 93(2) :99-106.

BÉIQUE, R. et A. FRANCOEUR, 1968. Les fourmis de la pessière à *Cladonia.* II. Étude quantitative d'une pessière naturelle. *Rev. Écol. Biol. Sol,* 3 : 523-531.

BERNARD, F., 1944. Notes sur l'écologie des fourmis en forêt de Marmora (Maroc). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.,* 35 : 125-140.

BORGMEIER, T., 1934. Contribiuçào para o conhecimento da fauna mirmecológica dos cafezais de Paramaribo, Guiana Holandesa. *Archos Inst. Biol. veg., Rio de J.,* 1(2) : 93-113.

BREYMEYER, A., 1966. Relations between wandering spiders and other epigeic predatory arthropoda. *Ekol. pol.,* Ser. A, 14 : 27-71.

BRIAN, M.V., 1956. The natural density of *Myrmica rubra* and associated ants in West Scotland. *Insectes soc.,* 3(4) : 473-487.

BRIAN, M. V., 1964. Ant distribution in a southern English heath. *J. Anim. Ecol.,* 33 : 451-461.

BRIAN, M. V. and A. D. BRIAN, 1951. Insolation and ant population in the West of Scotland. *Trans. R.* ent. Soc. Lond., 102(6) : 303-330.

BRIAN, M. V., J. HIBBLE and D. J. STRADLING, 1965. Ant pattern and density in a southern English heath. *J. Anim. Ecol.*, 34 : 545-555.

BROWN, W. L., 1955. The ant *Leptothorax muscorum* (Nylander) in North America. *Ent. News*, 66 : 43-50.

BUFFINGTON, J.D., 1967. Soil arthropod population of the New Jersey pine barrens as affected by fire. *Ann. ent. Soc. Am.*, 60 (3) : 530-535.

BYZOVA, Y.B. & Z.V. CHADAEVA, 1965. Sravnitel'naya kharakteristika pochvennoi fauny razlichnykh assotsiatsii pihktovogo lesa (Kemerovskaya oblast'). *Zool. Zh.*, 44 (3) : 331-339.

CARTER, W.G., 1962. Ants of the North Carolina Piedmont. *J. Elisha Mitchell scient. Soc.*, 78 (1) : 1-17.

COLE, L.C., 1946. A study of the cryptozoa of an Illinois woodland. *Ecol. Monogr.*, 16 (1) : 49-86.

CREIGHTON, W.S., 1950. The ants of North America. *Bull. Mus. comp. Zool. Harv.*, 104 : 1-568.

DANSEREAU, P., 1959. Phytogeographia Laurentiana. II. The principal plant associations of the Saint Lawrence Valley. *Contrib. Inst. bot. Univ. Montréal*, no 75, 147 p.

DAVIS, R.B., 1966. Spruce-fir forests of the coast of Maine. *Ecol. Monogr.*, 36 : 79-94.

DÉLYE, G., 1961. Sur l'écologie des fourmis au Tassali des Ajjer. *Trav. Inst. Rech. sahar.*, 20 : 207-212.

DÉLYE, G., 1964. Sur le peuplement myrmécologique de quelques ergs du Sahara nord-occidental. *Trav. Inst. Rech. sahar.*, 23 : 1-6.

DÉLYE, G., 1965. Écologie des fourmis du Sahara nord-occidental. *C.r. Congr. Un. int. Étude Insectes soc.*, 5 : 263-275.

DÉLYE, G., 1968. Recherches sur l'écologie, la physiologie et l'éthologie des fourmis du Sahara. Thèse, Fac. Sciences, Univ. Aix-Marseille, 155 p.

DÉLYE, G., 1969. Répartition des fourmis dans les grands massifs de dunes du Sahara nord-occidental (Hym.). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 74 : 224-227.

DENNIS, C.A., 1938. The distribution of ant species in Tennessee with (special) reference to ecological factors. *Ann. ent. Soc. Am.*, *31 (2) : 267-308.*

DLUSSKI, G.M., 1965. Methods of making quantitative estimations of soil-dwelling ants. *Zool. Zh.*, 44 : 716-727. (In Russian).

DOWDY, W.W., 1944. A community study of a disturbed deciduous forest area near Cleveland, Ohio, with special reference to invertebrates. *Ecol. Monogr.*, 14 (2) : 193-222.

DOWDY, W.W., 1947. An ecological study of the arthropoda of an oak-hickory forest with reference to stratification. *Ecology*, 28 (4) : 418-439.

DOWDY, W.W., 1951. Further ecological studies on stratification of the arthropoda. *Ecology*, 32 (1) : 37-52.

DREYER, W.A. and T. PARK, 1932. Local distribution of *Formica ulkei* mound-nests with reference to certain ecological factors. *Psyche, Camb.*, 39 (4) : 127-133.

FENTON, G.R., 1947. The soil fauna : with special reference to the ecosystem of forest soil. *J. Anim. Ecol.*, 16 : 76-93.

FICHTER, E., 1939. An ecological study of Wyoming spruce-fir arthropods with reference to stratification. *Ecol. Monogr.*, 9 : 184-215.

FORSSLUND, K.H., 1944-45. Studier över det Lägre Djurlivet i Nord Svensk Skogsmark. *Meddn St. SkogsförsAnst.*, 34 : 1-283.

FRANCOEUR, A., 1965. Écologie des populations de fourmis dans un bois de chênes rouges et d'érables rouges. *Naturaliste can.*, 92 : 263-276.

FRANCOEUR, A., 1966a. La faune myrmécologique de l'érablière à sucre de la région de Québec. Thèse de Maîtrise, Faculté de Foresterie, Univ. Laval, 78 p.

FRANCOEUR, A., 1966b. La faune myrmécologique de l'érablière à sucre (*Aceretum saccharophori* Dansereau) de la région de Québec. *Naturaliste can.*, 93 (5) : 443-472.

FRANCOEUR, A., 1968-69. Étude de la macrofaune du sol. La recherche sur le bleuet : Rapport de travail 1968-69. Faculté d'agriculture, Univ. Laval, 40-43.

FRANCOEUR, A., 1972. Revision taxonomique des espèces néarctiques du groupe *fusca*, genre *Formica* (Formicidae : Hymenoptera). Thèse de D.Sc., Université Laval, Québec.

FRANCOEUR, A. et L. JOBIN, 1967-68. Étude préliminaire sur les Formicidae (Hymenoptera) des bleuetières de la région du Lac St-

La recherche sur le bleuet. Rapport ·avail 1967-68. Faculté d'agriculture, Laval, p. 36-53.

LZER, M., 1941. Erste Ergebnisse einer ɜnologischen Untersuchung schweize- r Buchen-Walder. *Ber. schweiz. bot.* 51 : 479-530.

l, C., 1965. Étude myrmécologique d'une ı naturelle de Belgique : la Famenne. ıde d'une chênaie à charme. *Bull. Inst.* . *Stns Rech. Gembloux,* 33 (1) : 76-78.

l, C., 1966. Étude myrmécologique des ères dans les Hautes-Fagnes en Belgi- (Hymenoptera, Formicidae). *Rev. Écol. Sol,* 3 (2) : 301-312.

l, C., 1968. Les fourmis de la Drôme s Basses-Alpes, en France (Hymenop- Formicidae). *Naturaliste can.,* 95 (3) : 66.

l, C., 1971a. Les fourmis de la Famen- Une étude zoogéographique. *Bull. Inst.* . *nat. Belg.,* 47 : 1-116.

l, C., 1971b. Les fourmis de la Famen- . Une étude zoosociologique. *Rev. Écol. Sol,* 8 (4) : 553-607.

l, C., 1972. Les fourmis de la Famen- ll. Une étude écologique. *Rev. Écol. Sol,* 9 (1) : 99-125.

., 1954. Factors that affect insect abun- . *J. econ. Ent.,* 47 (3) : 398-405.

ALD, K., 1941. Über den Einfluss von ıiedener Temperatur und Luftfauchtig- ıuf die Lebensäusserungen der Ameisen. ber den Feuchtigkeitssinn ökologisch ıiedener Ameisenarten und seine Bezie- ın zu Biotop, Wohn-und Lebensweise. ss. *Zool., Abt. A,* 154 (3) : 247-344.

TNER, M.M., 1966. La végétation fores- du Québec méridional. Presses Univ. La- luébec, 216 p.

R.E., 1963. The ants of Colorado, with nce to their ecology, taxonomy and aphic distribution. Univ. Colorado , Boulder, 729 p.

R.E., 1964. Distribution of the ant *Formica* in the mountains of Colo- *In* Natural History of the Boulder Area, Colo. Mus. Leafl. 13 : 59-69.

HIDA, K., 1960. Studies of the ecolo- distribution of ants in Sapporo and its ty. *Insectes soc.,* 7 (2) : 125-162.

HEADLEY, A.E., 1941. A study of nest and nesting habits of the ant *Lasius niger* subsp. *alienus* var. *americanus* Emery. *Ann. ent. Soc. Am.,* 34 (3) : 649-657.

HEADLEY, A.E., 1943. The ants of Ashtabula County, Ohio. *Ohio J. Sci.,* 43 : 23-31.

HEADLEY, A.E., 1952. Colonies of ants in a locust woods. *Ann. ent. Soc. Am.,* 45 (3) : 435-442.

HÖLLDOBLER, K., 1944. Über die forstlich wichtigen Ameisen des Nordostkarelischen Urwaldes. *Z. angew. Ent.,* 33 : 587-622.

JACOT, A.P., 1940. The fauna of the soil. *Q. Rev. Biol.,* 15 (1) : 28-58.

KANNOWSKI, P.B., 1958. Factors affecting the ecological distribution of the ants in three bogs in South-East Michigan, 1957. *Diss. Abstr.,* 18 : 1544.

KITTREDGE, J., 1948. Forest influences. Mc-Graw-Hill, N. Y., 394 p.

KONTKANEN, P., 1957. On the delimitation of community in research of animal biocoenotics. *Cold Spring Harb. Symp. quant. Biol.,* 22 : 373-378.

KRAMER, K.U. et P.F. VAN HEERDT, 1950. Remarques écologiques sur quelques formicides des Hautes-Fagnes. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.,* 26 (58) : 1-10.

KRÖGERUS, R., 1960. Ökologische Studien über nordische Moorarthropodes. Artenbestand, ökologische Faktoren, Korrelation der Arten. *Commentat. biol.,* 21 (3) : 1-238.

LEE, R. and A. BAUMGARTNER, 1966. The topography and insolation climate of a mountainous forest area. *Forest Sci.,* 12 (3) : 258-267.

LETENDRE, M., 1971. La faune myrmécologique de différents peuplements forestiers caractérisant la zone des basses Laurentides dans la région de Saint-Hippolyte, Comté de Terrebonne. Thèse de Maîtrise, Faculté des Sciences, Univ. Montréal, 177 p.

LETENDRE, M., A. FRANCOEUR, R. BÉIQUE et J.-G. PILON, 1971. Inventaire des fourmis de la Station de biologie de l'Université de Montréal, St-Hippolyte, Québec (Hymenoptera : Formicidae). *Naturaliste can.,* 98 (4) : 591-606.

LETENDRE, M. et J.-G. PILON, 1972. Écologie des populations de Leptothorax longispinosus

Roger et *Stenamma diecki* Emery dans les peuplements forestiers des basses Laurentides, Québec (Hymenoptera : Formicidae). *Naturaliste can.*, 99 (2) : 73-82.

LÉVIEUX, J., 1966. Traits généraux du peuplement en fourmis terricoles d'une savanne de Côte-d'Ivoire. *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris, Sér. D Sci. nat.*, 262 : 1583-1585.

LLOYD, M. and R.J. GHELARDI, 1964. A table for calculating the « equitability component of species diversity ». *J. Anim. Ecol.*, 33 (2) : 217-225.

LLOYD, M., J.N. ZAR and J.R. KARR, 1968. On the calculation of information — theoretical measures of diversity. *Am. Midl. Nat.*, 79 : 257-272.

LULL, H.W. and F.M. RUSHMORE, 1960. Snow accumulation and melt under certain forest conditions in the Adirondacks. *Stn Pap. NEast. Forest Exp. Stn*, 138 : 1-16.

MacALONEY, H.J., 1935. The balsam woolly aphid in the Northeast. *J. For.*, 33 : 481-484.

MALDAGUE, M., 1961. Relations entre le couvert végétal et la microfaune. I.N.E.A.C., série scientifique, No 90, 122 p.

MARTIN, J.L., 1965. The insect ecology of red pine plantations in central Ontario. III. Soil-surface fauna as indicators of stand change. *Proc. ent. Soc. Ont.*, 95 : 87-102.

MARTIN, J.L., 1966. The insect ecology of red pine plantations in central Ontario. IV. The crown fauna. *Can. Ent.*, 98 (1) : 10-27.

McINTOSH, R.P., 1967. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology*, 48 (3) : 392-404.

PARAPURA, E. & B. PISARSKI, 1971. Mrówki (Hymenoptera, Formicidae) Bieszczadów. *Fragm. faun.*, 17 (13) : 319-356.

PASSERA, L., 1967. Peuplement en fourmis terricoles du rebord méridional des causses jurassiques du Querci : la lande calcaire à Buis. *Vie Milieu*, 18 (1c) : 189-205.

PERTTUNEN, V., 1955. Reactions of the carpenter ant, *Camponotus herculeanus* (L.) to air humidity. *Annls. ent. fenn.*, 21 (1) : 38-45.

PETAL, J.M., 1963a. Fauna mrowek projektowanego *rezerwatu torfowiskowego* Rakowskie Bagno k. Frampola (woj. lubelskie). *Annls Univ. Mariae Curie-Sklodowska, Sect. C*, 18 : 143-173.

PETAL, J.M., 1963b. Materialen zur Kenntnis der Ameisen der Lubliner Hochebene (V-VI). *Fragm. faun.*, 10 (31) : 463-472.

PIANKA, E.R., 1966. Latitudinal gradients in species diversity : A review of concepts. *Am. Nat.*, 100 (910) : 33-46.

PIELOU, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. theor. Biol.*, 13 : 131-144.

PISARSKI, B., 1953. Mrowki okolie Kazimierza. *Fragm. faun.*, 6 (18) : 465-500.

PONTIN, A.J., 1960. Field experiments on colony foundation by *Lasius niger* (L.) and *L. flavus* (F.) (Hymenoptera, Formicidae). *Insectes soc.*, 7 (3) : 227-230.

PSCHORN-WALCHER, H., 1952. Vergleich der Bodenfauna in Mischwäldern und Fichtemonokulturen der Nordostalpen. *Mitt. forstl. BundVersAnst. Mariabrunn*, 48 : 44-111.

SANDERS, C.J., 1964. The biology of carpenter ants in New-Brunswick. *Can. Ent.*, 96 (6) : 894-909.

SEIMA, F.A., 1964. O faune i ekologii murav'ev Okskogo zapovednica. *Zool. Zh.*, 43 (9) : 1404-1408.

SMIRNOV, B.A., 1962. Znachenie murav'ev zaschite lesa. *Zashch. Rast. Vredit. Bolez.*, 9 : 29.

SMITH, M.R., 1928. The biology of *Tapinoma sessile* Say, an important house-infesting ant. *Ann. ent. Soc. Am.*, 21 (2) : 307-329.

SMITH, R.L., 1966. Ecology and field biology. Harper and Row, N.Y., 686 p.

SMITH, V.G., 1928. Animal community of the deciduous forest succession. *Ecology*, 9 : 479-500.

SMITH-DAVIDSON, V.G., 1932. The effect of seasonal variability upon animal species in total populations in a deciduous forest succession. *Ecol. Monogr.*, 2 : 305-333.

SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS, 1954. Forest cover types of North America (exclusive of Mexico). Soc. Am. Foresters, Washington, 67 p.

LLER, J.H. and W.R. CURTIS, 1960. oisture regime in southwestern Wis- as affected by aspect and forest type. 58 (11) : 892-896.

M., 1934. Distribution of ant species Chicago region with reference to eco- factors and physiological toleration. ', 15 (4) : 416-439.

M., 1953. Ants of an old-field com- on the Edwin S. George Reserve, Li- ı County, Michigan. *Contr. Lab. ver- ol. Univ. Mich.*, 63 : 1-13.

M., 1957. Populations of ants in a 'i woodland. *Insectes soc.*, 4 (3) : ł.

M., 1965. Populations of ants in a d. *Insectes soc.*, 12 (1) : 19-48.

'EN, J.K.A. et J. LÉVIEUX, 1968. Les ae de la savanne de Lamto (Hymenop- ormicidae). *Annls Univ. Abidjan, Sér.* . 1 (2) : 351-358.

ł AART, P.J.M. and T. DE WIT, ł field study on interspecific competi- tween ants (Formicidae) and hunting (Lycosidae, Gnaphosidae, Ctenidae, dae, Clubionidae). *Neth. J. Zool.*, : 117-216.

ł DRIFT, J., 1951. Analyses of the community in a beech forest floor. r. *Ent.*, 94 (1) : 1-168.

', A.F., 1956. The ecology of the ants Welaka Reserve, Florida (Hymenop- ormicidae). *Am. Midl. Nat.*, 56 (2) : 7.

VAN PELT, A.F., 1963. High altitude ants of the Southern Blue Ridge. *Am. Midl. Nat.*, 69 (1) : 205-223.

WENGRIS, J., 1964. Mrowki (Hym, Formicidae) niektorych srodowisk synantropijnych. *Polskie Pismo ent., Ser. B*, 3/4 : 223-232.

WESTHOFF, V. and J.N. WESTHOFF DE JONCHEERE, 1942. Verspreiding en nestoecologie van de mieren in Nederlandsche bosschen. *Tijdschr. PlZiekt.*, 48 : 138-212.

WHEELER, G.C. and J. WHEELER, 1963. The ants of North Dakota. Univ. North Dakota Press, Grand Forks, 326 p.

WILLIAMS, C.B., 1951. Diversity as a measurable character of an animal or plant population. *Année biol., 3e sér.*, 27 (2) : 129-141.

WILSON, E.O., 1955. A monographic revision of the ant genus *Lasius*. *Bull. Mus. comp. Zool. Harv.*, 113 : 1-201.

WILSON, E.O., 1959. Some ecological characteristics of ants in New Guinea rain forests. *Ecology*, 40 (3) : 437-447.

WRAGGE-MORLEY, B.D., 1944. A study of the ant fauna in a garden, 1934-42. *J. Anim. Ecol.*, 13 (2) : 123-127.

YASUNO, M., 1964. The study of ant population in the grassland at Mt. Hakkoda. II. The distribution pattern of ant nests at the Kayano grassland. *Sci. Rep. Tôhoku Univ., Ser. 4*, 30 (1) : 43-55.

ZAPPE, H., 1951. Aranas como indicadores ecologicos en el sur de Chile. *Investnes zool. chil.*, 1 (3) : 4-8.

Naturaliste can., 100 : 237-246 (1973).

NIDS ET MICROMILIEUX DE NIDIFICATION UTILISÉS PAR LES FOURMIS DANS LES PEUPLEMENTS FORESTIERS DES BASSES LAURENTIDES, QUÉBEC (HYMENOPTERA : FORMICIDAE) [1]

Michel LETENDRE [2] et Jean-Guy PILON
Département des sciences biologiques, Université de Montréal, Montréal

Résumé

La nature et l'abondance des micromilieux de nidification détermine souvent le comportement nidicole d'une espèce et le choix du biotope dans lequel elle s'établit. Sept types de micromilieux différents sont utilisés par les fourmis dans les peuplements forestiers des basses Laurentides, les plus employés étant les micromilieux ligneux et le sol avec horizons organiques. La plupart des espèces récoltées semblent, toutefois, limitées à un seul type de micromilieu de nidification. Les variations temporelles observées dans le comportement nidificateur de certaines espèces permettent de supposer par ailleurs que le choix de ce micromilieu, par les reines colonisatrices, n'est pas toujours quelque chose de définitif, mais qu'il peut être appelé à changer avec l'accroissement de la colonie.

Abstract

The nature and abundance of nest sites frequently determine the nesting behavior of a species, as well as the choice of its habitat. At least seven different types of microhabitats are used by ants in the forest stands of the lower Laurentides, the most frequently occupied being woody structures and the organic layers of the soil. Most of the individual species seem limited, on the other hand, to only one type of nest site. The variations observed in the nesting behavior of certain species seem to indicate that the choice of the nest site by the newly fertilized queens is not always final but may change during the growth of the colony.

Introduction

L'un des principaux modes d'adaptation des fourmis en réponse aux conditions écologiques qui prévalent à l'intérieur des différents biotopes réside dans le choix d'un micromilieu adéquat pour la construction de leur nid et l'établissement de leur colonie. C'est d'ailleurs ce choix, bien souvent, qui est responsable de la grande facilité d'adaptation manifestée par une espèce dans une région donnée. Comme chaque forme présente des exigences écologiques et physiologiques qui lui sont propres, ses préférences nidicoles lui seront aussi particulières et caractériseront sa relation avec le type de milieu dans lequel on la rencontre. Le choix du micromilieu de nidification est donc lié très intimement à l'établissement d'une espèce dans un milieu donné et peut être considéré comme l'un des facteurs essentiels qui unit celle-ci à son macrohabitat.

[1] Extrait d'un mémoire de maîtrise présenté à la Faculté des sciences de l'Université de Montréal en mai 1971.

[2] Adresse actuelle : Département de biologie, Université Laval, Québec.

Ce travail fait suite à des recherches plus générales effectuées par Letendre et Pilon (1973) sur la faune myrmécologique de différents peuplements forestiers des basses Laurentides ; il tente entre autres de déterminer avec plus de précision les mécanismes fondamentaux régissant la structure écologique des biocénoses myrmécologiques inventoriées. Pour ce faire, le comportement nidificateur des fourmis a été étudié sous trois aspects bien distincts : son caractère spécifique, sa relation avec le biotope et sa variation en fonction du temps. La région d'étude, les biotopes considérés et les techniques d'échantillonnage sont décrits dans Letendre et Pilon (1973).

CLASSIFICATION DES MICROMILIEUX DE NIDIFICATION

Différentes classifications ont été élaborées dans le but de caractériser les préférences nidicoles des fourmis à l'intérieur de leur habitat (Gaspar, 1971). Rares toutefois sont celles qui font la distinction entre le type de nid et le micromilieu de nidification. Comme cette distinction s'avère aujourd'hui de plus en plus essentielle, le micromilieu choisi étant relié plus directement à l'habitat que la forme du nid, une telle classification (Francoeur et Maldague, 1966), sera utilisée ici.

Francoeur et Maldague (1966) considèrent 12 grands types de micromilieux de nidification. Cinq d'entre eux sont de nature épigée (situés hors du sol) : ce sont les nids aériens, les micromilieux rocheux, les cavités des végétaux (artificielles ou naturelles, mais non creusées par les fourmis), les micromilieux ligneux (creusés par les fourmis) et les micromilieux artificiels. Les sept autres sont creusés à l'intérieur du sol et prennent le nom de nids endogés. À ce groupe appartiennent le sol dénudé et minéral, le sol avec horizons organiques, le sol avec couverture végétale, le sol avec couverture d'origine animale, le sol avec couverture artificielle, le sol recouvert d'un objet quelconque (roches, bois, rebuts) et le sol contenant du bois pourri.

Préférences nidicoles en fonction des espèces

Parmi les micromilieux de nidification mentionnés plus haut, sept sont utilisés par les fourmis dans l'ensemble des biotopes étudiés par les auteurs (Letendre et Pilon, 1973). La liste suivante donne les différentes formes sous lesquelles on les rencontre :

micromilieux rocheux : fissures dans les roches (1), espaces entre deux roches superposées (sans sol) (2) ;

cavités des végétaux : branches creuses naturelles (3) ;

micromilieux ligneux : branches mortes (incluant les petites ramilles évidées) (4), tronc morts (5), souches (6), noeuds pourris et carbonisés (7) ;

sol avec horizons organiques : dans et/ou immédiatement sous la litière (10), sol minéral profond sans couverture sauf la litière de surface (13) ;

sol avec couverture végétale : dans et/ou sous la mousse ou les lichens (11) ;

sol couvert d'un objet quelconque : bois (8), roches (9) ;

sol contenant du bois pourri : bois pourri enfoui (12).

Les chiffres entre parenthèses se rapportent à l'identification des micromilieux de nidification cités dans le tableau I. Comme l'indiquent les résultats de ce tableau, certains de ces micromilieux sont utilisés à très peu de reprises et, souvent même, ils sont spécifiques à une seule espèce de fourmis. C'est le cas, en particulier, des micromilieux rocheux, des cavités végétales et du sol avec couverture végétale. D'autres, par contre, et c'est le cas de la majorité, servent d'endroits de nidification pour

TABLEAU I

Micromilieux de nidification utilisés par les fourmis dans l'ensemble des biotopes inventoriés

Espèces	Micromilieux utilisés (voir texte)													Nombre de colonies considérées [3]	Nombre de micromilieux utilisés
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Ponera pennsylvanica									1					1	1
Myrmica emeryana													1	1	1
Myrmica sp.				4	2	1		1		7		1	3	18	7
M. kuschei				2										2	1
Aphaenogaster rudis										1		1		1	2
Stenamma diecki				11	6	6	2			11		20	8	59	7
S. schmitti									1					1	1
Leptothorax ambiguus			1											1	1
L. longispinosus	1	3							1					5	3
L. muscorum				8	1	2	1					1		11	5
Tapinoma sessile										5				5	1
Brachymyrmex depilis											2			2	1
Camponotus herculeanus						1								1	1
C. noveboracensis					3								1 [4]	4	2
Lasius alienus				14	4	2		1	4	3		3	2	30	8
L. umbratus									2				4	6	2
Formica neogagates													1	1	1
F. subnuda										2				2	1
F. fusca				2	1	2		1		1		1		8	6

[3] Le nombre de colonies considérées diffère de la somme des micromilieux utilisés pour 2 raisons : seules les colonies dont le nid est connu sont considérées ; et un même nid occupe souvent plusieurs micromilieux distincts.

[4] Il est probable que cette collection ne représente qu'une fraction de colonie, la partie principale semblant occuper une pièce de bois mort située à peu de distance de l'endroit échantillonné.

un grand nombre de colonies et d'espèces. Ces derniers correspondent en général à des types très répandus dans l'ensemble des biotopes inventoriés ; ils sont représentés surtout par les micromilieux ligneux et par le sol avec horizons organiques.

Lorsqu'on considère les préférences nidicoles de chacune des espèces en particulier, la plupart semblent limitées, au contraire, à un seul type ou une seule forme de micromilieu. Dans certains cas, cette limitation découle, en grande partie, du petit nombre de colonies récoltées. Pour un grand nombre d'espèces, par contre, la spécificité observée est réelle et témoigne d'une relation intime existant entre l'espèce et le micromilieu de nidification utilisé.

Tapinoma sessile (Say), par exemple, niche exclusivement entre les feuilles de la litière, où elle retrouve les conditions d'absence de profondeur et de permanence nécessaires à son établissement (Smith, 1928). D'autres espèces, comme *Camponotus herculeanus* (Linné) et *C. noveboracensis* (Fitch), habitent de façon caractéristique les micromilieux ligneux de grande taille, à la base desquels elles forment d'immenses colonies monogynes. Une corrélation analogue entre l'espèce et son micromilieu de nidification typique semble exister aussi chez *Leptothorax ambiguus* Emery, *Myrmica kuschei* Wheeler, *Stenamma schmitti* Wheeler et *Brachymyrmex depilis* Emery, mais aucune conclusion définitive ne peut être apportée à leur sujet en raison du petit nombre de colonies rencontrées.

Leptothorax longispinosus Roger s'établit presqu'exclusivement, pour sa part, dans les micromilieux rocheux, totalement exposés. Ceci diffère passablement de ses endroits de nidification habituels, en l'occurrence les micromilieux ligneux et endogés, et semble lié directement aux conditions de température et d'humidité nécessaires pour le développement de ses colonies (Letendre et Pilon, 1972).

Toutes les espèces ne sont toutefois pas aussi sélectives dans le choix de leur micromilieu de nidification. Certaines formes, comme *Myrmica* sp. et *Stenamma diecki* Emery, occupent même plus de la moitié des micromilieux examinés.

Myrmica sp. ne semble liée à aucun type de micromilieu en particulier, puisqu'on la rencontre autant dans le bois mort de surface (8 colonies) que dans les endroits endogés (11 colonies). Un tel comportement de nidification pourrait être à l'origine, incidemment, de la distribution étendue exhibée par cette fourmi au niveau de la région d'étude.

Stenamma diecki abonde aussi dans plusieurs types de micromilieux de nidification mais, contrairement à *Myrmica* sp., elle semble montrer une prédilection marquée pour le bois mort en général (45 colonies sur 59) et notamment pour le bois enfoui. En raison de son importance écologique très grande dans les peuplements forestiers de la région d'étude, une description détaillée des préférences nidicoles de cette espèce a déjà été présentée antérieurement (Letendre et Pilon, 1972).

Plusieurs espèces, enfin, occupent un grand nombre de micromilieux de nidification, mais ne semblent bien adaptées qu'à un seul type dans lequel elles prédominent largement.

Ceci est évident, en particulier, chez *Leptothorax muscorum* (Nylander) où huit des 11 colonies récoltées présentaient un lien direct avec les branches mortes de surface. Aucune, cependant, n'occupait le micromilieu typique utilisé

ette espèce à l'intérieur du biotope pessière, à savoir « les branches s de petit diamètre, évidées jus- l'écorce » (Béique et Francoeur, . Au contraire, les structures oc- s étaient, en général, des branches ille moyenne, peu décomposées et ées dans leurs extrémités de deux ois chambres à couvain reliées en- les et avec l'extérieur par des ca- étroits. Quelques chambres occu- t aussi les cavités naturelles qui se nt fréquemment sous les noeuds ois. L'une des raisons principales ant une telle modification dans le ortement nidicole de *L. muscorum* veau de la région d'étude, résiderait emment dans l'utilisation compé- des brindilles évidées par les co- de *Stenamma diecki*.

ius alienus (Foerster) se rencontre de façon caractéristique dans les nes mortes de surface (14 colonies)) mais, contrairement à *Leptothorax orum*, elle utilise typiquement cel- ui sont en état de décomposition avancé. Il en est de même pour les autres structures ligneuses lesquelles on la rencontre et, en ulier, les troncs morts et les sou- Lorsqu'elle habite le bois mort, *L. s* occupe, de façon générale, les its faciles à creuser, comme le des troncs et des souches, ou e les endroits totalement évidés. le bois mort est peu abondant, *L. s* peut également, en raison de sa e facilité d'adaptation, s'établir différents types de micromilieux gés (Francoeur et Maldague, 1966 ; ar, 1971 ; Wilson, 1955). Dans la d'étude nous l'avons rencontrée à ues reprises sous les roches et la .

mica fusca Linné [3] manifeste une ence beaucoup moins nette pour orme de micromilieu en particulier, mais elle semble, par contre, liée intimement aux micromilieux ligneux en général. Six de ses huit colonies ont, en effet, été rencontrées dans le bois mort partiellement ou totalement décomposé. De plus tous les nids construits dans les micromilieux ligneux encore fermes avaient une architecture à peu près identique, se résumant à une série de longues galeries longitudinales auxquelles venaient s'ajouter, dans les souches, quelques élargissements plus importants faisant office de chambres à couvain. Deux colonies de cette espèce ont aussi été rencontrées dans le sol, l'une sous une longue pièce de bois mort et l'autre à l'intérieur d'une couche de feuilles mortes et d'humus recouvrant la surface d'un gros rocher nu.

Lasius umbratus (Nylander), finalement, représente une forme essentiellement endogée qui se rencontre en assez grande abondance sous les roches et dans le sol minéral. Comme l'indiquent Francoeur et Maldague (1966) toutefois, la position précise de ses nids s'avère souvent difficile à déterminer « car elle forme des attroupements le long de ses pistes qui peuvent être la cause d'erreurs d'interprétation ».

Les autres espèces ont été récoltées à trop peu de reprises pour nous permettre de connaître, avec certitude, leurs préférences nidicoles à l'intérieur des différents biotopes inventoriés.

Préférences nidicoles en fonction du milieu

En réponse à des stimuli physiques et biotiques différents, et à cause aussi de la grande variabilité des micromilieux de nidification présents, les préférences ni-

[3] Telle qu'identifiée par Francoeur (1972) dans le cadre de sa revision taxonomique des espèces nord-américaines du groupe *fusca*, genre *Formica*.

TABLEAU II

Micromilieux de nidification utilisés par l'ensemble des fourmis dans les différents biotopes inventoriés

Biotopes (voir texte)	*Micromilieux utilisés (voir texte)*													*Nombre de colonies considérées*	*Nombre de micromilieux utilisés*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
A				7		1	1			1		6		10	5
B		2		7	3	1			1	12	1	3	8	36	9
C				10	2	6	1	3		8		7	8	41	8
D	1	1	1	8	4	3			7	5	1	7	4	40	11
E				9	8	4	1		1	4		4		20	7
Total	1	3	1	41	17	15	3	3	9	30	2	27	20	—	—

des fourmis varient non seule-
ɔlon les espèces mais également
ɔ milieu dans lequel on les ren-
Ceci est particulièrement évident
ɔn considère la fréquence d'oc-
ɔ des différents types de micro-
dans chacun des biotopes inven-
tableau II).

le biotope A (érablière à sucre),
caractérise par une structure très
e, toutes les colonies, sauf une,
dans le bois mort. Ces nids sont
le plus souvent dans les bran-
ɔrtes de surface et les racines en-
les deux micromilieux de nidi-
les plus répandus à l'intérieur
ope (Letendre et Pilon, 1973).
l'indique Headley (1952) dans
l'un peuplement semblable, cons-
incipalement d'érables et de hê-
ɔbsence presque totale de colo-
ns les micromilieux endogés ne
ɔas due essentiellement à l'ab-
e tels micromilieux dans le peu-
, mais dépendrait, en grande
de la nature inadéquate du sol
ɔuvre ce type de biotope.

les biotopes B (forêt de bou-
peupliers - érables) et D (forêt
eaux), par contre, là où les struc-
ocheuses sont beaucoup plus
ɔtes et où l'horizon végétal at-
e épaisseur beaucoup plus gran-
ɔieurs colonies nichent à l'inté-
ɔ sol lui-même ; un certain nom-
colonies ont également été ren-
ɔ dans ou sous les roches qui
t le sol. Le bois mort reste en-
algré tout, un micromilieu de ni-
ɔn fréquemment utilisé par les
de ces biotopes.

ɔilieu C (île avec conifères), à
du biotope A, présente des mi-
ɔux essentiellement ligneux et
, et se caractérise par une ab-
otale de *colonies associées* de
près ou de loin à des structures rocheuses. C'est de plus un milieu assez homogène en ce qui a trait aux types de micromilieux disponibles. Contrairement au biotope A, une proportion beaucoup plus grande de micromilieux de nidification était constituée par des structures ligneuses de grande taille, conséquence directe de la mortalité élevée observée dans la strate arborescente de ce biotope. Le sol y étant plus adéquat, également, pour l'élaboration des nids, un plus grand nombre de colonies s'y sont établies, dont plusieurs en association avec le bois mort de profondeur et de surface.

Le biotope E (forêt de sapins-bouleaux-érables), finalement, quoique plus diversifié que le milieu A en ce qui a trait aux différents types de micromilieux disponibles, est encore relativement pauvre si l'on considère le nombre total de micromilieux utilisés. Une telle disparité semble due pour une large part à la très faible épaisseur de l'horizon végétal qui recouvre le biotope. C'est en effet dans cette couche, beaucoup plus que dans l'horizon minéral sous-jacent, que nichent la plupart des espèces endogées présentes dans la région d'étude. Or, pour que ces espèces soient capables d'y creuser leur nid et de s'y développer à leur aise, il faut que cette couche exhibe un minimum d'épaisseur et ce, indépendamment des structures épigées qui recouvrent sa surface. Encore ici, le bois mort épigé constitue le micromilieu de nidification le plus utilisé, avec une prédominance marquée pour les branches et les troncs en décomposition.

Il semble donc exister, en général, une corrélation positive entre l'abondance des micromilieux de nidification disponibles dans un milieu donné, qui est elle-même dépendante de la nature physique et biotique du lieu, et l'abon-

dance des micromilieux utilisés par les fourmis. En d'autres termes, la diversité et l'abondance des espèces dans un biotope serait proportionnelle à « l'hétérogénéité structurale » du milieu et la relation observée découlerait d'une sélection intensive pour des niches écologiques plus petites, plus diversifiées et plus nombreuses. Parallèlement, les fourmis semblent avoir la capacité d'occuper avec profit les micromilieux les plus répandus à l'intérieur du biotope, même si une telle adaptation nécessite un certain nombre de modifications au niveau de leur comportement nidicole.

Dans le cas des micromilieux endogés, pour que les relations précédentes se vérifient, il faut néanmoins tenir compte de la profondeur et de la nature du sol végétal. Dans certains cas, en effet, une profondeur trop faible ou un sol non adéquat peuvent empêcher l'établissement d'une colonie dans un micromilieu apparemment favorable. Un tel facteur pourrait d'ailleurs être à l'origine, en partie, de la densité et de la diversité très faibles manifestées par les fourmis à l'intérieur des biotopes A et E (Letendre et Pilon, 1973). La taille et l'état de décomposition des micromilieux épigés doivent certainement avoir un effet similaire sur certaines espèces spécialisées (*Camponotus*, *Formica*, espèces nichant dans les cavités naturelles), mais leur action semble, en général, beaucoup moins limitante.

Préférences nidicoles en fonction du temps

Comme l'ont démontré certains auteurs, les préférences nidicoles des fourmis varient de plus selon l'âge et, jusqu'à un certain point, la taille de la colonie. Les recherches effectuées dans la région d'étude nous ont permis de confirmer ces observations et d'apporter un certain nombre de données supplémentaires sur le sujet.

Une telle variation en fonction du temps a été observée, entre autres, chez les colonies de *Lasius alienus*. Cette fourmi niche de façon générale dans les structures ligneuses de grande taille. Or, sur un total de six jeunes colonies [4] appartenant à cette espèce, une seule fut retrouvée dans le micromilieu précédent. Toutes les autres s'établirent soit dans les couches superficielles du sol ou dans des petits morceaux de bois mort, le plus souvent pourris et carbonisés.

Les colonies de *Formica fusca* présentent une évolution à peu près analogue. Celles-ci se caractérisent, à l'état mature par une préférence marquée pour les micromilieux ligneux en général. Au contraire, la seule colonie immature *F. fusca* récoltée occupait une petite cavité à l'intérieur du sol végétal.

Les observations faites dans le cas de *Leptothorax muscorum* vont également dans le même sens. Les jeunes colonies de cette espèce nichent fréquemment dans les pièces de bois mort relativement décomposées et de faibles dimensions alors qu'à l'état âgé, elles préfèrent avant tout les structures ligneuses plus solides et d'assez grande taille.

D'un autre côté, certaines espèces comme *Lasius umbratus* ne semblent pas manifester un tel comportement différentiel au cours de la maturation de leurs colonies, puisqu'on les rencontre à l'intérieur du sol pendant toute la durée de leur cycle.

Il appert donc que le choix du micromilieu de nidification par les reines colonisatrices ne soit pas quelque chose de définitif, mais qu'il réponde avant tout aux capacités et aux exigences écologiques immédiates de ces reines. Ceci expliquerait alors pourquoi les jeunes

4 Colonies constituées d'une reine seule ou avec ses œufs.

qui sont beaucoup moins aptes
ıs ouvrières à creuser et à amé-
un nid, choisissent de préférence
droits meubles (sol, bois pourri)
possible, les cavités naturelles pré-
ıs. Ces reines étant également
exigentes que les colonies matu-
ce qui a trait à la nature et la
des endroits de nidification, peu-
ccuper des micromilieux beaucoup
ariés.

la suite, au fur et à mesure que
ɔnie se développe et que le nom-
la taille des ouvrières augmen-
ıne augmentation parallèle du vo-
lu nid doit se faire. Lorsque la di-
ɔn et la nature du micromilieu de
ation initiale sont adéquates pour
ıir aux besoins de la colonie ma-
ɔe qui semble le cas pour les co-
de *Lasius umbratus)*, cette der-
ɔourrait alors compléter tout son
de développement à l'intérieur du
micromilieu. Il arrive souvent,
ɔis, que l'endroit ne soit plus con-
après un certain temps, aux exi-
: de la colonie ; dans ce cas, une
tive se présente : émigrer dans
cromilieu plus adéquat, soit par
ıstruction d'un nouveau nid ou
ıissement d'un nid déjà existant,
ıt simplement disparaître. La pré-
ance de cette dernière solution
:trait d'expliquer, entre autres, l'é-
différence qui existe, à l'inté-
'un même biotope, entre le nombrc
nes colonisatrices qui réussissent
établir et le nombre de colonies
s déjà établies.

ıalons, toutefois, que malgré tou-
s implications et les généralités
ıcoulent d'un tel mécanisme, ce-
ıe représente, en fait, qu'une sim-
pothèse de travail et tente d'ex-
uniquement ce qui se passe à
eur de la région d'étude.

Conclusions

Sept types de micromilieux de nidification seraient utilisés par les fourmis dans les peuplements forestiers des basses Laurentides. Les plus fréquemment employés sont représentés par les micromilieux ligneux et le sol avec horizons organiques.

En ce qui concerne les préférences nidicoles des espèces vis-à-vis de ces différents micromilieux, la plupart semblent limitées à un seul type ou une seule forme de structure. Certaines fourmis comme *Myrmica* sp., *Stenamma diecki* et *Lasius alienus* occupent, toutefois, plus de la moitié des micromilieux examinés.

Il semble, par ailleurs, exister une corrélation positive entre l'abondance et la nature des micromilieux de nidification disponibles dans un milieu donné, et l'abondance et la nature des micromilieux utilisés par les fourmis à l'intérieur de ce même milieu.

Les variations temporelles observées dans le comportement nidicole de certaines espèces de fourmis permettent de supposer, finalement, que le choix du micromilieu de nidification par les reines colonisatrices n'est pas quelque chose de définitif, mais qu'il réponde avant tout aux capacités et aux exigences écologiques immédiates de ces reines.

Remerciements

Nos remerciements vont tout d'abord à la direction de la Station de biologie de l'Université de Montréal pour les facilités mises à notre disposition tout au long de ce travail. Nous tenons également à remercier MM. André Francoeur et René Béique, respectivement professeur à l'Université du Québec et taxonomiste rattaché au Ministère des terres et forêts du Québec, pour leurs judicieux conseils et leurs nombreux encouragements. Ce travail a pu être effectué grâce à une subvention et une bourse du Conseil national des recherches du Canada.

Références

BÉIQUE, R. et A. FRANCOEUR, 1966. Les fourmis d'une pessière à *Cladonia*. *Naturaliste can.*, 93 (2) : 99-106.

FRANCOEUR, A., 1972. Revision taxonomique des espèces nearctiques du groupe *fusca*, genre *Formica* (Hymenoptera, Formicidae). Thèse de D.Sc., Université Laval, Québec.

FRANCOEUR, A. et M. MALDAGUE, 1966. Classification des micromilieux de nidification des fourmis. *Naturaliste can.*, 93 (5) : 473-478.

GASPAR, C., 1971. Les fourmis de la Famenne. IV. — Une étude éthologique. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 47 (31) : 1-23.

HEADLEY, A. E., 1952. Colonies of ants in a locust woods. *Ann. ent. Soc. Am.*, 45 (3) : 435-442.

LETENDRE, M. et J.-G. PILON, 1972. des populations de *Leptothorax longi* Roger et *Stenamma diecki* Emery peuplements forestiers des basses des, Québec (Hymenoptera : Forr *Naturaliste can.*, 99 (2) : 73-82.

LETENDRE, M. et J.-G. PILON, 1973. myrmécologique de différents peu forestiers caractérisant la zone des Laurentides, Québec (Hymenoptera cidae). *Naturaliste can.*, 100 : 195-23

SMITH, M. R., 1928. The biology of 7 *sessile* Say, an important house-infes *Ann. ent. Soc. Am.*, 21 (2) : 307-32

WILSON, E. O., 1955. A monographic of the ant genus *Lasius*. *Bull. Mus Zool. Harv.*, 113 (1) : 1-201.

LIFE HISTORY NOTES AND MERISTIC VARIATION IN THE FRESHWATER FOURSPINE STICKLEBACK, *APELTES QUADRACUS* (MITCHILL), NEAR SEPT-ILES, QUÉBEC [1]

Brian W. COAD [2] and G. POWER
Department of Biology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario

Résumé

Les auteurs ont effectué une étude portant sur l'écologie et les variations méristiques d'une population isolée en eau douce de l'épinoche à quatre épines. Il y a trois groupes d'âge dans cette population, mais seulement les femelles parviennent à leur troisième année. Le nombre et le diamètre des œufs ont été déterminés pendant la saison de reproduction en juin et en juillet. Les œufs sont plus gros et plus nombreux chez les poissons les plus âgés. La diète comprend des larves de Chironomidae, des Cladocères et des larves d'Ephéméroptères. Les vertèbres et les branchiospines sont moins nombreuses chez la population d'eau douce, par comparaison avec une population d'eau salée, mais le nombre de rayons des nageoires est le même. Les auteurs discutent la signification de ces similarités et de ces différences. Ils suggèrent que la formation d'une chute, il y a plusieurs milliers d'années, aurait isolé cette population d'eau douce d'une population d'eau salée.

Abstract

An isolated freshwater population of the fourspine stickleback was examined for aspects of its ecology and meristic variation. Three age groups were found but only females survived into a third year of life. Egg numbers and diameters were determined during the breeding season, June-July. Older fish had more and larger eggs. The diet consisted of Chironomidae larvae, Cladocera and Ephemeroptera larvae. Vertebral and gill raker number were lower in the freshwater population compared to a marine population but fin ray counts were similar. The significance of these similarities and differences was discussed. It was suggested that the freshwater population was isolated from a marine counterpart by formation of a waterfall several thousand years ago.

Introduction

ıe fourspine stickleback, *Apeltes quacus* (Mitchill, 1815), common in ma- coastal waters of eastern Northerica, has also been reported from ckish and fresh waters (Leim and tt, 1966). Freshwater populations usually have access to the sea and only occasionally have been reported in areas inaccessible from the sea (Scott and Crossman, 1964 ; Dadswell, 1972 ; Van Vliet, 1970).

In 1970 an isolated, freshwater population was found while seining in bays

[1] Contribution No. 3049 from the Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, sachusetts 02543, U.S.A.

[2] Present address : *Department of Biology*, University of Ottawa, Ottawa, KIN 6N5, Ontario.

between the first and second falls of the Matamek River, which flows into the Gulf of St. Lawrence, 32 km east of Sept-Iles, Québec. A description of the area is given in Coad (1972). The species reaches its northern limit of distribution in this part of Québec (Power, 1965 ; Van Vliet, 1970) and extensive sampling in 1971 and 1972 of coastal areas near the mouth of the Matamek River failed to reveal any marine populations.

Bousfield (1967) suggested that many marine organisms penetrated northwards during a hypsithermal period 5-7000 years B. P. when there was a uniformly summer-warm marine environment. Subsequent deterioration in climate has eliminated some southern species and others are living a marginal existence. The fourspine stickleback must have entered the lower Matamek River before formation of the first falls and survives today as a relict while marine populations have become rare along the north shore.

Results and discussion

Otoliths were used for age determination (Jones and Hynes, 1950). Age and size distribution of various samples are shown in Figure 1. There was no significant difference in standard length between 1 + males, (mean = 26.9 mm ; S.E. = 0.80) and females (mean = 28.0 mm, S.E. = 0.92) (P>0.05). A factor of 1.17 converts standard to total length, for the range of sizes (22-49.5 mm standard length) used in this study. Sex ratio in the 1 + age group was 1:1, similar to a Maryland marine population (Schwartz, 1965). All 2 + age group fish were females 40-49 mm long, mean 43 mm.

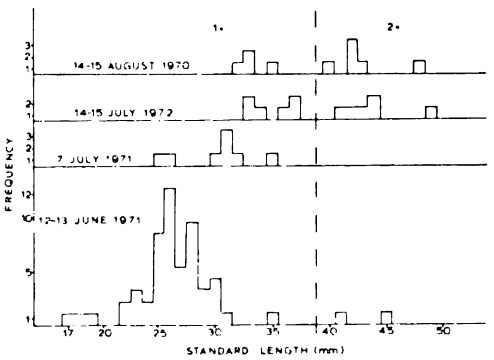


Figure 1. Length-frequency histograms for *Apeltes quadracus*, Matamek River, 1970-1972.

The relict population appeared small and seining areas were limited so few breeding individuals were taken. In June and early July, 1971, 8 females at maturity stage IV (after Nikolsky, 1963) were caught. These comprised 24% of the female sample ; the remainder were at maturity stage III, none were mature or spent (stage V or VI). Egg counts were similar in right and left ovaries. Total counts of maturing eggs ranged from 10-19, mean 14 eggs, diameters ranged from 0.54-0.89 mm, mean 0.76. The ripening females were aged 1+, mean standard length 33 mm. Only two ripe 2+ females were found. One, taken in August 1970 was 42 mm standard length and contained 39 eggs ; it was probably a late breeder as other females on this date were spent. The second, in late summer 1972, 49 mm standard length, contained 54 eggs mean diameter 1.72 mm. Older fish were more fecund. Survival of females to spawn in their third year was reported by Schwartz (1965) in Maryland and McInerney (1969) noted at least two year classes in a Miramichi River, New Brunswick population. Matamek fish contained fewer and smaller eggs than other populations reported in the literature. Maryland fish produced 42-214 eggs, mean 95, of 0.5-2.2. mm diameter, mean 1.04 mm, (Schwartz, 1965). Connecticut, West River estuary fish, developed eggs of 1.5-1.8 mm diameter (Merriman and Schedl, 1941). Both the southerly

populations lived in marine or brackish waters under conditions presumably much more favourable than those encountered by a freshwater relict population at the northern limit of the species range. Only a third of the 1+ male fish caught in June-July 1971 were at maturity stages IV or V and as no 2+ males were found some males in the population may not breed.

Breeding was assumed to take place in June and July from the limited observations available. During this time male *A. quadracus* had crimson pelvic fins as reported in the literature whereas those of the female were a distinctive orange. Both sexes showed a marked, dark pigmentation of the isthmus and the area ventral to and between the lower jaws. In other respects the colouration was similar to that recorded in Leim and Scott (1966).

The stomach contents of 45 age 1+ fish showed they were feeding on Cladocera 18% ; Chironomid larvae 40% ; tracheal gills of the Ephemeropteran larvae *Blasturus* sp. (presumably torn off by the sticklebacks) 32% and a small amount of other insect, arthropod, pelecypod and unidentified material. The diet of the few 2+ fish examined was similar.

TABLE I

Meristic variation of a freshwater and a marine *A. quadracus* population in Eastern Canada

		Range								
Soft dorsal rays	***N***	***9***	***10***	***11***	***12***	***13***		$\bar{X}$	***S.D.***	***S.E.***
Freshwater	89	1	3	13	55	17		11.94	0.7592	0.0805
Marine	50	1	—	7	37	5		11.90	0.6468	0.0915
		Range								
Soft anal rays	***N***	***7***	***8***	***9***	***10***			$\bar{X}$	***S.D.***	***S.E.***
Freshwater	88	4	20	51	13			8.83	0.7306	0.0779
Marine	50	1	9	33	7			8.92	0.6337	0.0896
		Range								
Left gill rakers	***N***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	$\bar{X}$	***S.D.***	***S.E.***
Freshwater	88	5	24	40	16	3	—	5.86	0.8993	0.0959
Marine	50	—	—	13	25	11	1	7.00	0.7559	0.1069
		Range								
Vertebrae	***N***	***30***	***31***	***32***				$\bar{X}$	***S.D.***	***S.E.***
Freshwater	54	4	45	5				31.02	0.4117	0.0560
Marine	43	1	13	29				31.65	0.5293	0.0807

The meristic characters of the Matamek population are summarized in Table I and compared with a marine population from Piccadilly Bay, Newfoundland (NMC 66-136) which was taken at a similar latitude. Kreuger (1961) has examined meristic variation of *A. quadracus* in eastern North America but his most northerly, large, marine sample was from Maine. The characters were counted as in Coad (1972) and vertebral number, including the hypural plate as one vertebra, was determined by microscopic examination of Kodak Industrial Type M X-ray plates exposed in a soft X-ray machine at 20KV and 8mA for 8 seconds. No significant differences were found between samples caught at different times in the freshwater population ($P>0.05$) and the data were combined. All freshwater specimens had four dorsal spines except one individual which had five spines. In the marine population 10% of the specimens examined had five dorsal spines. Normally populations at low salinities show strong modes of five spines (Kreuger, 1961).

There were no significant differences in soft fin ray number between the two populations ($P>0.05$) and this may be attributed to similar temperature regimes during ontogeny, although no data are available. A significantly lower number of vertebrae in the freshwater population may be correlated with loss of the pelagic habit or with decreased body length (Hagen and Gilbertson, 1972). Kreuger (1961) found higher vertebral numbers in his predominately marine collections. A lower number of gill rakers in the freshwater population was thought initially to be a trophic adaptation from planktonic marine organisms to larger freshwater benthic organisms. However, the marine population was found to be feeding on gammarids, isopods and littoral chironomids. Seasonal analyses of diet of marine *A. quadracus* may reveal a substantial plankton component.

No significant correlation was found between any two meristic characters in both populations except dorsal and anal soft ray number ($r = 0.6095$, $P<0.001$ for the freshwater population; $r = 0.3288$, $P<0.05$ for the marine population). Kreuger (1961) obtained similar results for marine populations in eastern North America and attributed the correlation to a common phenocritical period.

Acknowledgements

The authors would like to thank Mr. R. J. Gibson for collecting some of the specimens used in this study and Dr. D. E. McAllister, National Museum of Natural Sciences, National Museums of Canada, Ottawa for providing facilities for the X-ray of specimens.

Financial support for this research was made available by Woods Hole Oceanographic Institution and the Atlantic Foundation.

References

BOUSFIELD, E. L., 1967. Postglacial dispersal patterns of littoral marine mollusks and crustaceans in eastern Canada. *Ann. Rep. Am. malac. Un.*, 1967 : 42-44.

COAD, B. W., 1972. On the ecology and meristic variation of the Gasterosteidae of the Matamek River System, Québec. M.Sc. Thesis, University of Waterloo, Waterloo, Ontario.

DADSWELL, M. J., 1972. New records of fishes from the Northwestern coast of insular Newfoundland. *Can. Fld Nat.*, 85 : 289-290.

HAGEN, D. W. and L. G. GILBERTSON, 1972. Geographic variation and environmental selection in *Gasterosteus aculeatus* L. in the Pacific Northwest, America. *Evolution*, Lancaster, Pa., 26 : 32-51.

JONES, J. W. and H. B. N. HYNES, 1950. The age and growth of *Gasterosteus aculeatus*, *Pygosteus pungitius* and *Spinachia vulgaris*, as shown by their otoliths. *J. Anim. Ecol.*, 19 : 59-73.

LEIM, A. H. and W. B. SCOTT, 1966. Fishes of the Atlantic Coast of Canada. *Bull. Fish. Res. Bd* Canada, No. 155, 485 p.

NEY, J. E., 1969. Reproductive behaviour ı blackspotted stickleback, *Gasterosteus landi. J. Fish Res. Bd* Canada, 26 : 2075.

IAN, D. and H. P. SCHEDL, 1941. The s of light and temperature on gameto- is in the four-spined stickleback, *Apeltes acus* (Mitchill). *J. exp. Zool.*, 88 : 413-

CY, G. V., 1963. The Ecology of Fishes. ımic Press, London and New York,).

, G., 1965. Notes on the cold-blooded ırates of the Nabisipi River region, County Duplessis, Québec. *Can. Fld Nat.*, 79 : 49-64.

SCHWARTZ, F. J., 1965. Age, growth and egg complement of the stickleback *Apeltes quadracus* at Solomons, Maryland. *Chesapeake Sci.*, 6 : 116-118.

SCOTT, W. B. and E. J. CROSSMAN, 1964. Fishes occurring in the fresh waters of Insular Newfoundland. Dep. Fish. Canada, Ottawa, 241 p.

VAN VLIET, W. H., 1970. Shore and freshwater fish collections from Newfoundland. *Natl Mus. Nat. Sci. (Ottawa) Publ. Zool.*, No. 3 : 1-30.

EFFETS DE L'ENROBAGE ET DE L'ENTREPOSAGE SUR LA CAPACITÉ GERMINATIVE DES GRAINES DE CONIFÈRES

Yves LAMONTAGNE

Service de la restauration forestière, Ministère des terres et forêts du Québec, Pépinière forestière de Berthierville, Berthierville

Résumé

Le but de cet essai était de connaître l'effet sur la capacité germinative, de l'enrobage des graines forestières avec divers fongicides et de leur entreposage pour différentes périodes de temps. Sous les conditions de ce test, toutes les graines enrobées germèrent moins que les témoins. Après un mois d'entreposage, il n'existait sensiblement pas de différences entre les fongicides employés. Une diminution dans la germination commence à se remarquer après 2 mois d'entreposage, sauf chez les graines enrobées avec le Captan 50W et, à un degré moindre, avec le Zyneb 50W. Le Dithane M-45 et le Daconil 2787 ne sont pas recommandés si les graines enrobées doivent être entreposées pour plus de 2 mois.

Abstract

This trial was designed to determine the effects on the germinative capacity, of pelleting forest tree seeds with different fungicides followed by storage for various lengths of time. Under the conditions of the present test, all coated seeds germinated less than the checks. After one month of storage, there were no appreciable differences among the fungicides used. A decrease in germination began to become apparent after 2 months of storage, except for seeds coated with Captan 50W and to a lesser degree, with Zyneb 50W. Dithane M-45 and Daconil 2787 are not recommended if coated seeds are to be stored for more than 2 months.

Introduction

L'enrobage des graines avec un répulsif contre les oiseaux et les petits rongeurs et avec un fongicide contre la fonte des semis est une technique courante dans les pépinières forestières du Québec. Le traitement au répulsif est toujours utilisé alors que celui avec un fongicide ne l'est que là où le sol n'a pas été traité avec un fumigène.

Plusieurs centaines de kilogrammes de graines sont enrobées et semées annuellement dans les pépinières forestières du Québec. Parfois, dû à des circonstances incontrôlables, les graines enrobées doivent être entreposées pour des périodes variant de un à neuf mois ou plus avant l'ensemencement. Il faut donc s'assurer que les produits employés et la durée d'entreposage des graines enrobées n'affectent pas démesurément la capacité germinative.

L'objectif de ce test était de déterminer les interactions entre quelques fongicides et la durée de l'entreposage sur la capacité germinative.

Matériel et méthode

Les divers essais portaient sur le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.), l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) et l'épinette de Norvège (*Picea abies* [L.] Karst.). Le Dieldrin (hexachlore

époxy octahydro diméthane naphtalène) au taux de 1 once par 5 lbs (1 gr/80 gr) de graines fut employé comme répulsif. Les fongicides étaient le Zyneb 50W (éthylène bis-dithiocarbamate de zinc), le Captan 50W (N-trichlorométhylmercaptocyclohexane-4 dicarboximide-1, 2), le Dithane M-45 (bisdithiocarbamate d'éthylène) et le Daconil 2787 (tétrachloroisophthalonitrile). Ils furent tous employés à 33% du poids des graines. Dans chacun des cas, les graines étaient d'abord enduites d'un adhésif, le méthyle cellulose en solution à 2%, puis du répulsif et enfin du fongicide. Après chaque addition, les graines étaient bien brassées afin d'assurer l'adhésion complète des produits. Les graines agissant comme témoins furent enrobées avec le répulsif seulement.

L'entreposage eut lieu dans des sacs de polyéthylène dans une chambre froide à une température variant entre 37° F et 41° F (2.8° C – 5.0° C). Des graines furent prélevées après 1, 2, 4, et 50 mois d'entreposage pour vérifier la capacité germinative. Ce test fut conduit selon la méthode courante utilisée à l'usine d'extraction des semences de Berthierville (Lamontagne, 1972 a).

Après 50 mois d'entreposage, un test fut aussi mené dans une serre afin de vérifier la capacité germinative des graines enrobées et entreposées lorsque semées dans du sol. Quatre échantillons de 50 graines chacun furent placés dans des pots contenant un mélange non stérilisé dans des proportions égales de terre noire, sable grossier et perlite. Le nombre total de graines germées fut prélevé après 7 semaines.

Les valeurs obtenues pour la capacité germinative dans le germoir après 1 mois et 50 mois d'entreposage furent d'abord transformées en arcsin puis soumises à une analyse de variance et au test de Duncan (*multiple-range test*).

Résultats et discussion

La capacité germinative moyenne obtenue pour les 3 essences étudiées après l'enrobage des graines avec divers fongicides et leur entreposage pour différentes périodes de temps est présentée dans le tableau I qui montre aussi les résultats du test de Duncan.

L'enrobage des graines a diminué la capacité germinative à des degrés variables selon les essences et à toutes les périodes d'entreposage. En effet, il existe une différence significative ($p = .01$) entre le témoin et l'ensemble des traitements. Cette même différence existe entre le témoin et le Captan, produit longtemps utilisé dans les pépinières forestières. Après un mois d'entreposage, il n'existe peu ou pas de différences entre le Captan et le Zyneb et le Dithane et le Daconil. Cependant, les deux premiers produits sont de beaucoup moins nocifs que les deux derniers lorsque toutes les périodes d'entreposage sont considérées.

La durée d'entreposage affecte peu ou pas les témoins et les graines enrobées de Captan. Cependant, une diminution graduelle parfois assez importante est notée chez les autres traitements surtout avec le Dithane et le Daconil. L'entreposage des graines enrobées avec ces deux derniers produits ne devrait donc pas dépasser plus de 2 mois.

Sauf pour l'épinette de Norvège, il existe une très forte corrélation (ép. blanche : 0.992, pin gris : 0.981) entre le pourcentage de graines germées au germoir et dans le sol après 50 mois d'entreposage. Il sera donc possible à l'avenir de déterminer la vitalité des graines enrobées et entreposées depuis un certain temps en conduisant un test de germination en laboratoire seulement.

Plusieurs facteurs peuvent être responsables de cette diminution de la

TABLEAU I

Capacité germinative des graines d'épinette blanche, d'épinette de Norvège et de pin gris enrobées avec divers fongicides et entreposées pour différentes périodes de temps. Test de Duncan sur les résultats obtenus dans le germoir et la serre après 1 et 50 mois d'entreposage

Essence	*Fongicides*	*Germination (%)*				
		Durée d'entreposage (mois)				
		1	*2*	*4*	*50*	
					G [1]	*S* [1]
Épinette blanche	Témoin	91a [2]	96	86	83a	62a
	Captan	71b	84	70	77a	51a
	Zyneb	72b	85	74	46b	27b
	Dithane	69b	88	66	8d	7c
	Daconil	60b	81	62	28c	15bc
Épinette de Norvège	Témoin	93a	99	90	92a	72b
	Captan	82bc	89	70	82b	88a
	Zyneb	87b	93	74	44d	51c
	Dithane	79c	87	50	9c	10d
	Daconil	87b	89	56	62c	86ab
Pin gris	Témoin	44a	36	52	56a	56a
	Captan	28bc	42	54	64a	72a
	Zyneb	36ab	46	18	8b	16b
	Dithane	30bc	32	20	0c	0c
	Daconil	20c	88	24	8b	23b

[1] G= Germoir, S= Serre.

[2] Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles (p= .05).

capacité germinative des graines enrobées (Lamontagne, 1972 b). Les plus importants dans le présent test sont sans doute la durée d'entreposage et la nature des produits employés.

Conclusion

Les résultats de cette expérience démontrent une fois de plus que l'enrobage des graines avec un répulsif et un fongicide diminue la capacité germinative. De plus, cette réduction dans la germination sera d'autant plus importante que l'entreposage des graines enrobées sera long. Il n'est pas logique évidemment de déconseiller l'usage de ces produits pour protéger les graines contre les champignons parasites car la réduction dans le taux de germination au laboratoire se traduit peut être par une meilleure population de semis sur les plates-bandes de pépinières.

Toutefois, si les graines enrobées doivent être entreposées pour plus de 2 mois, les fongicides Dithane et Daconil sont à déconseiller, alors que le Captan et le Zyneb n'affecteront peu ou pas la capacité germinative. Même s'il est peu probable que des graines enrobées soient entreposées pour une période de 50 mois, le taux de germination varierait peu en utilisant le fongicide Captan.

Références

LAMONTAGNE, Y., 1972 a. Les tests sur la semence : cause possible de la variation chez les semis 1-0. Ministère des terres et forêts du Québec, Service de la restauration, Pépinière de Berthierville, 18 p.

LAMONTAGNE, Y., 1972 b. Germination of some conifer species after seed-coat treatments. (Manuscrit).

te can., 100 : 257-263 (1973).

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA MICROFLORE FONGIQUE DU CONGO III. *TORULA NDJILENSIS* SP. NOV. ET *BALANIUM AFRICANUM* SP. NOV.

Étienne KIFFER

Laboratoire de botanique et de microbiologie, C.O. 140, 54037 Nancy-Cedex, France

Résumé

Deux espèces nouvelles de Dématiées, *Torula ndjilensis* et *Balanium africanum*, sont décrites.

Abstract

Two new species of Dematiaceous Hyphomycetes, *Torula ndjilensis* and *Balanium africanum*, are described.

pièges de sciure utilisés pour ı du pouvoir ligninolytique du sol enot et Kiffer, 1972) constituent ɔstrat électif non seulement pour ampignons lignivores, mais aussi d'autres organismes, notamment lyphomycètes à paroi mélanisée, ı sont généralement pas mis en ce par les techniques classiques :robiologie du sol. C'est ainsi que avons obtenu deux espèces nou- de Dématiées à partir du sol de :ion de la Ndjili (Kinshasa, Répu- du Zaïre) :

'orula ndjilensis sp. nov.
fig. 1)

mycetes, Dematiaceae, Blastosporae.

ı *septatis, ramosis, hyalinis vel fuscis,* ı *vel echinatis, 1-3 μ latis.*

ıe *conidiogenae e latere vel apice hy- orientes, pallidae fuscae, laeves, in supra chartam 5-10 x 4-7 μ.*

ia *(phragmoconidia, fusca interdum non pellucidis praedita, verrucosa vel* ı, *fundamento lata vel angustata, soli- taria vel concatenata, in culturis supra chartam 4-7 septata, 29.6-57.7 x 11.4-15.7 μ magnitudine.*

–Gignitur e scobibus lignosis insuper humum

–Typus in Herb. IMI (Kew) depositus, No 171803.

Une colonie est apparue sur la sciure d'un bocal d'incubation (sur sol de l'horizon supérieur : 0 à 5 cm) après 16 mois : elle mesurait 3 x 1 cm, et était formée d'un mycélium gris-brun portant des conidies visibles sous la loupe comme de petits points noirs. Par repiquage de celles-ci, le champignon a pu être obtenu en culture pure.

Sur extrait de malt (1.5%) gélosé, après 15 jours la colonie de 2.8 cm de diamètre est formée de mycélium stérile gris-vert foncé, d'aspect velouté, haut de 2 à 3 mm, s'abaissant vers la marge hyaline large de 1 mm. Le revers est gris noir. Après 5 semaines la colonie est fertile ; elle mesure 5.5 cm de diamètre.

Sur papier-filtre imprégné d'une solution saline (NO_3NH_4 : 1.33 g, KH_2PO_4 :

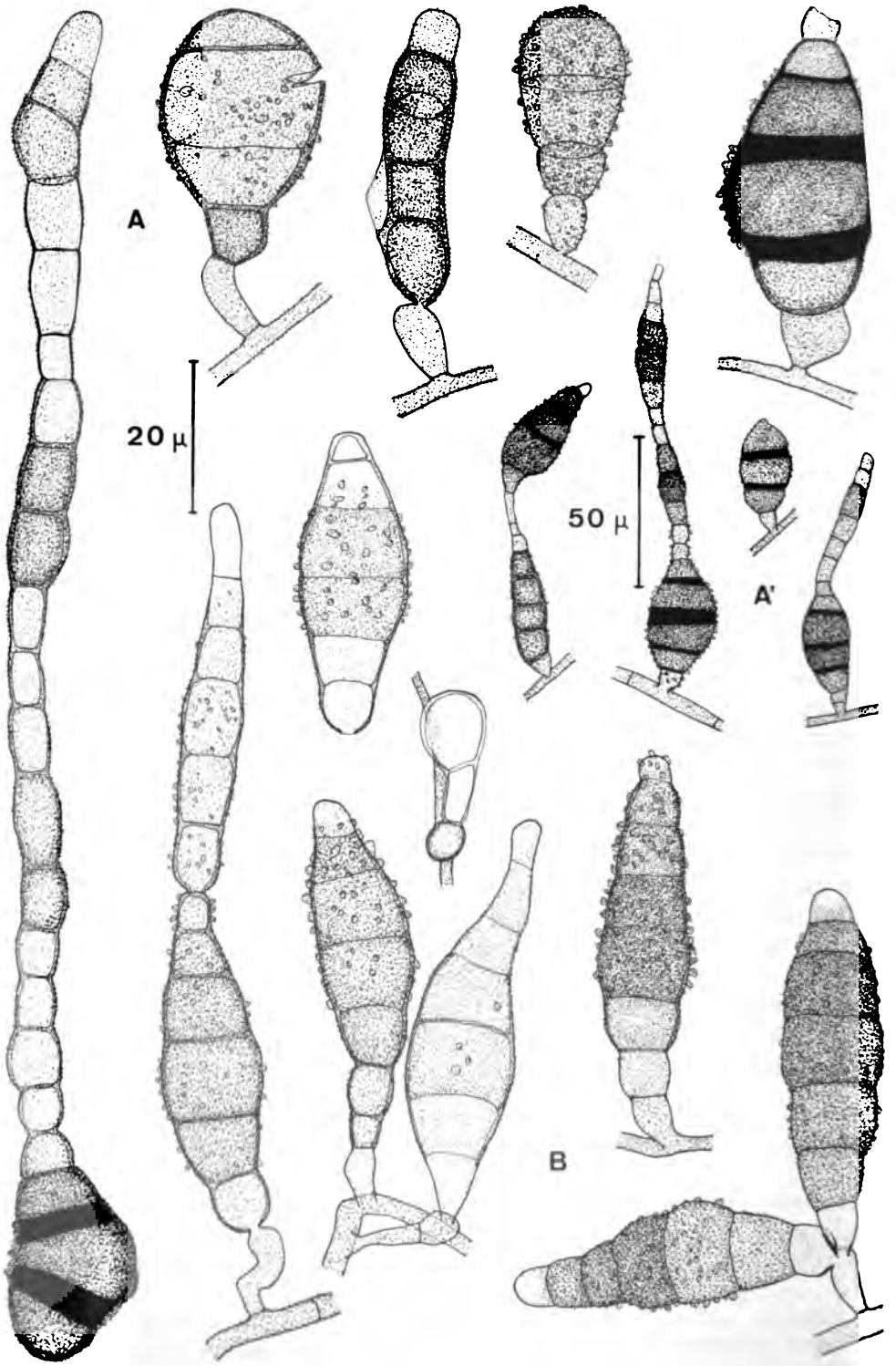


Figure 1. *Torula ndjilensis*. A,A' : aspect microscopique sur piège de sciure. B : sur papier
tre, 15 jours.

ı, SO_4Mg, 7 H_2O : 0.25 g, eau ıe q.s.p. 1000 ml) le mycélium plus rare est gris vert. La colonie ı cm de diamètre est rendue noi- ɔar les nombreuses conidies for- visibles sous la loupe.

· MICROSCOPIQUE (figure 1)

sciure, le mycélium aérien est d'hyphes brun clair à brun moyen, ıi échinulée, cloisonnés, rarement ɜs, de 2 à 3 μ de diamètre.

hyphes donnent naissance aux ɜs, soit directement, soit par l'in- liaire de cellules sporogènes mo- tiques, généralement renflées, à ɔrun clair lisse, mesurant 7.1–11.4 -8.6 μ.

conidies sont des phragmospores ɔi épaisse, échinulées ou verru- ɜs. Leur pigmentation varie, sans avec l'âge, de brun clair à brun avec, dans ce cas, des bandes ɜs au niveau des cloisons. Elles ɔlitaires ou en chaînes simples de conidies. La conidie basale est lastospore à base étroite ou une ı à base large. Elle est la plus âgée chaîne et produit à son sommet la ɜ suivante, généralement par un ɔonnement à base large. Les coni- ıesurent 27.2–(37.4)–48.6 x 10.7– –21.5 μ et possèdent 2–(3.8)–6 ıs. Les cellules centrales sont ha- ement plus foncées, plus échinu- u verruqueuses, et plus larges que llules extrêmes (fig. 1, A, A').

culture pure sur papier-filtre, après rs, les conidies formées sont quel- eu différentes, moins foncées et lancées que sur substrat naturel : llules extrêmes peuvent être hya- ou subhyalines, les cellules mé- brun clair à brun moyen, plus ou échinulées ou verruqueuses.

Les hyphes, hyalins à gris brun clair, légèrement échinulés, cloisonnés, rami- fiés, mesurent de 1 à 3 μ de diamètre, les conidiophores lisses et subhyalins 5–10 x 4.3–7.2 μ, les conidies 29.6– (43.7)–57.7 x 11.4–(13.4)–15.7 μ et possèdent 4–(5.4)–7 cloisons (fig. 1, B).

En culture pure sur extrait de malt gélosé, l'aspect est semblable à celui obtenu sur papier-filtre. On note un my- célium intramatriciel hyalin dont les hy- phes, de 1.5 à 3μ de largeur, se renflent en éléments toruleux pouvant atteindre 9 μ de diamètre. Les conidiophores sont rares et mesurent 5.9–8.9 x 3.0–4.4 μ. Les conidies, le plus souvent sessiles, terminales ou latérales, mesurent 25.2– (40.3)–48.8 x 13.3–(16.6)–19.2 μ avec 2–(4.25)–5 cloisons.

Enfin, pour préparer un échantillon- type, nous avons cultivé le champignon sur des fragments de petites branches de hêtre en boîte de Petri, avec support de papier-filtre. Après plusieurs mois de culture les conidies sont de largeur et coloration comparables à celles obtenues sur la sciure, et forment fréquemment de courtes chaînes.

POSITION SYSTÉMATIQUE

Nous sommes ici en présence d'un champignon où les modalités de sporo- genèse, base de la classification moderne des Hyphomycètes, sont multiples.

Tout d'abord les conidies ne sont pas toujours produites par une cellule spo- rogène différenciée, mais naissent par- fois directement sur un hyphe. D'autre part ces conidies ont tantôt une base étroite et ce sont alors des blastospores, tantôt une base large et peuvent prendre le nom d'aleuries *sensu lato*, ou de conidies thalliques terminales selon la terminologie proposée à Kananaskis (Kendrick, 1971, p. 246).

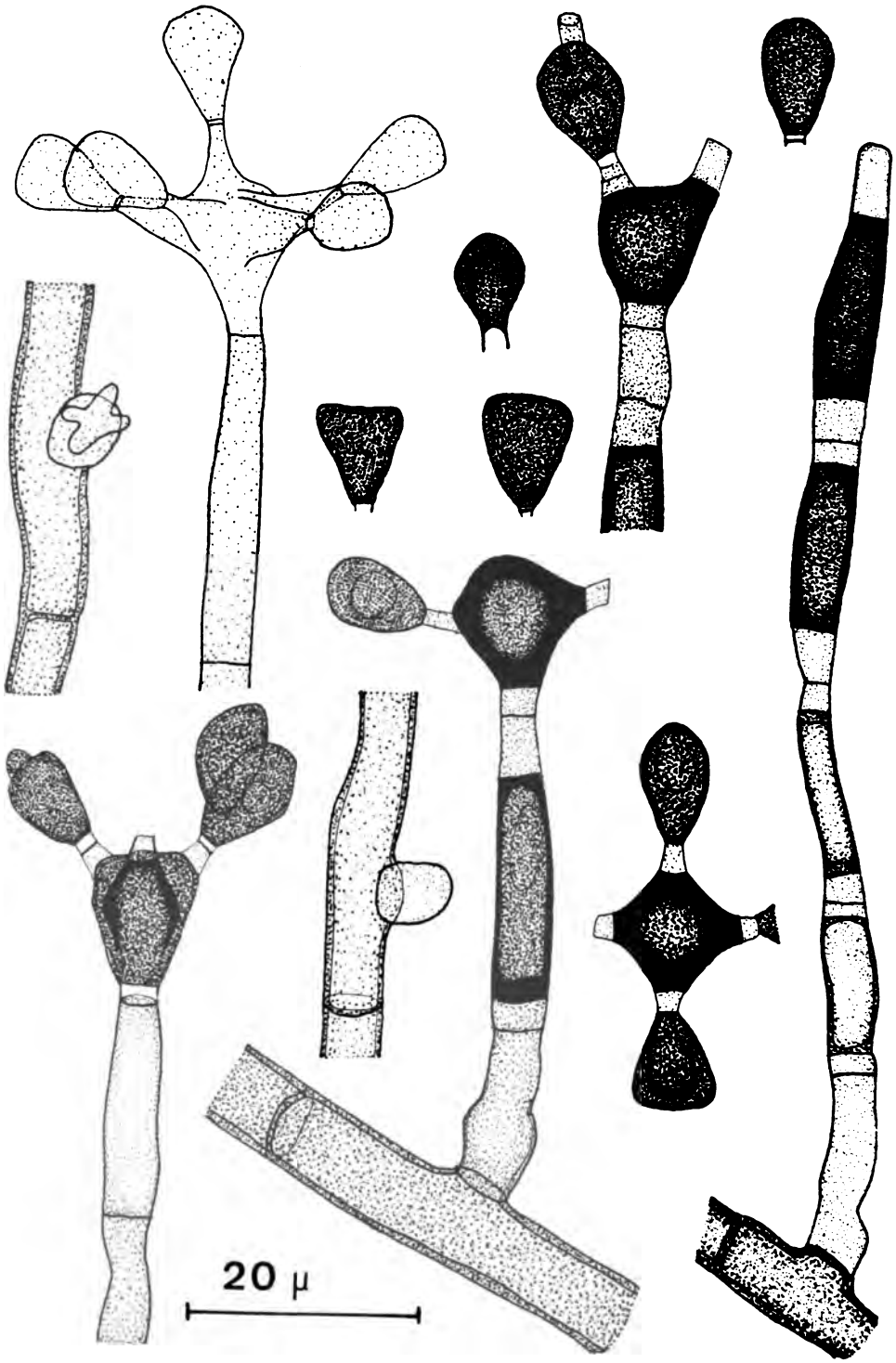


Figure 2. *Balanium africanum.*

euries sont surtout formées dans nes, ce sont alors les 2ème, . conidies produites.

isence d'aleuries et de trétoco- =porospores) dans un même non est déjà connue chez *Hel- orium sorokinianum* (Luttrel, Subramanian et Jain, 1964), *hiella vinosa* (Reisinger, 1968) *aria phragmospora* (Van Emden, Dans tous ces cas c'est la pré- s porospores qui a été retenue critère générique essentiel.

notre champignon il semble de gique de tenir compte d'abord ésence des blastospores et des conidiennes, pour le rattacher e *Torula*. Chez *T. herbarum*, (1953) considère que les coni- t des porospores et place donc dans sa section VI. De même 967) parle de porospores à pro- conidies de son *T. terrestris*. nt Ellis (1971) ne décrit pas les des *Torula* spp. comme tréti- ais place ce genre dans les ycètes à développement blasti- xamen d'une souche de chacune eux espèces, l'une, *T. herbarum*, 'un sol brun méditerranéen (La ne, près Montpellier), l'autre, *T.* ;, provenant d'un sol désertique ne J. Nicot), nous a permis de r que, chez ces deux champi- omme dans notre espèce, ni la porogène ni la cellule basale de ie ne possèdent l'épaississement caractéristique des trétoconi- est pourquoi nous ne pouvons otre champignon dans le genre *:era* (Rao *et al.*, 1969), basé seule différence.

us des *Torula* décrits par Joly et par Ellis (1971) nous avons les descriptions d'autres espè- :e genre (Ciferri, 1956 ; Cooney son, 1964 ; Deshpande et Deshpande, 1966 ; Kjøller, 1961 ; Lal et Yadav, 1966 ; Majchrowicz et Dominik, 1969 ; Matsushima, 1971 ; Sappa et Mosca, 1954). Aucune ne se rapporte à notre isolement. La plus proche est *T. terrestris* Misra qui diffère cependant par les dimensions et la forme générale des conidies.

Dans les genres voisins, *Septonema* ne produit que des conidies à base large, non des blastospores telles que celles des *Torula*. Le *Septonema* sp. d'Aghnihothrudu (1959) est probablement *T. terrestris*.

Parmi les trois champignons toruloïdes décrits par Subramanian (1957), *Deightoniella indica* possède des conidiophores pluricellulaires à cellules sporogènes apicales globuleuses sombres, produisant des phragmospores parfois très longues non en chaînes. Chez *Dwayabeeja indica*, comme chez *Pseudotorula heterospora*, il existe, en plus des phragmospores de type *Torula*, des scolécospores.

En conclusion, et bien qu'aucun de ces éléments ne soit constant, nous inclurons cette espèce dans le genre *Torula*, en raison de l'existence : (1) de cellules sporogènes latérales ou terminales renflées, (2) de blastoconidies, (3) de chaînes conidiennes basifuges.

32 : ***Balanium africanum*** *sp. nov.* (fig. 2)

–Hyphomycetes, Dematiaceae, Blastosporae.
–Hyphis septatis, ramosis, laevibus, fuscis, 4.5-7.5 μ latis.
Conidiophora fusca, laevia, simplicia, ad 200 μ procera articulis tum brevibus fuscisque tum elongatis atrisque consistentes, apice cellula conidiogena inflata ramulis brevibus ornata munita.
–Cujusque ramuli in apice insidet conidium 1-cellulare irregulariter ovatum vel tetrapleurum, hyalinum dein atro fuscum, 8.9-11.8 x 5.9-9.6 μ magnitudine.
–Typus in Herb. IMI (Kew) depositus, No *171802*.

Cet hyphomycète a été observé sur sciure après 5 mois d'incubation sur sol de l'horizon superficiel (0-5 cm) et également sur le tissu de verre contenant la sciure. Sur ces substrats il forme une colonie grisâtre, diffuse.

ASPECT MICROSCOPIQUE

Sur des hyphes brun moyen, larges de 4.5 à 7.5 μ, se dressent des conidiophores d'abord hyalins, devenant bruns, cloisonnés, simples, mesurant 50–(118)–207 à 4.4–(5.8)–6.7 μ. À l'état adulte ces conidiophores sont divisés en articles de taille et de teinte variées, les plus courts, brun moyen, étant intercalés par 2 ou 3 entre des articles longs, brun foncé ou même opaques. Il s'agit vraisemblablement de la différenciation de chlamydospores, phénomène que nous avons observé par ailleurs chez des mycéliums non fructifiés. Les conidiophores portent au sommet une cellule conidiogène renflée et ramifiée en 2-5 expansions portant des conidies. D'abord hyaline, cette cellule devient finalement brun-noir, souvent opaque. Les conidies, piriformes et hyalines au début de leur développement, sont typiquement tétraédriques et brun foncé à l'état adulte. Elles sont séparées de la cellule-mère par un disjoncteur de 1-3 cellules subhyalines à paroi mince dont une partie, lors de l'abcission, reste sur la cellule conidiogène et l'autre sur la conidie.

La cellule-mère mesure 10.4–(11.1)–12.6 x 6.7–(10.8)–13.3 μ, les conidies 8.9–(10.2)–11.8 x 5.9–(8.0)–9.6 μ.

Les conidiophores présentent parfois une repousse percurrente et une nouvelle tête conidienne est produite.

La présence de conidies holoblastiques sur des cellules-mères intégrées polyblastiques, avec séparation de ces deux éléments par un disjoncteur, les *conidiophores* macronémés solitaires, l'incrustation des parois par un pigment brun, classent ce champignon dans le genre *Balanium* Wallroth. Une seule espèce, *B. stygium*, est connue dans ce genre. Elle a été décrite en détail par Hughes et Hennebert (1961) et par Ellis (1961). Nous avons pu examiner une préparation provenant de l'échantillon type.

Notre champignon est donc indiscutablement une espèce nouvelle de *Balanium*, mais nous n'avons pu l'isoler en culture pure, ni même obtenir la germination des conidies dans l'eau distillée ou dans une solution d'extrait de malt à 1.5%. D'autre part, nos conditions de travail nécessitant la poursuite de l'incubation pendant 18 mois (Kiffer et Reisinger, 1970), la colonie était détruite sous l'action de la microfaune du sol à la fin de l'expérience.

Une préparation microscopique, déposée à l'Herbier du C.M.I. à Kew, sous le numéro 171802, constitue l'échantillon type.

Remerciements

Nous exprimons nos plus vifs remerciements à MM. M.B. Ellis et O. Reisinger pour leurs conseils à propos de la position taxinomique exacte de ces champignons, et à M. le Pr F. Mangenot pour la correction du manuscrit et la rédaction des diagnoses latines.

Références

AGHNIHOTHRUDU, V., 1959. Fungi isolated from the rhizosphere V. *J. Madras Univ.*, 29 : 153-181.

CIFERRI, R., 1956. Mycoflora Domingensis Exsiccata. *Sydowia*, 10 : 130-180.

COONEY, D.G. and R. EMERSON, 1964. Thermophilic Fungi. Freeman Co., San Francisco, 188 p.

DESHPANDE, K.B. and K.S. DESHPANDE, 1966. Two new fungi from soils of Aurangabad (India). *Sci. Cult.*, 32 : 320-321.

.B., 1961. Dematiaceous Hyphomycetes *col. Pap.*, No. 79, 23 p.

M.B., 1971. Dematiaceous Hyphomy- C.M.I., Kew, 608 p.

J.H. van, 1970. *Alternaria phragra* nov. spec. *Acta bot. neer.*, 19 :)0.

, S.J., 1953. Conidiophores, conidia assification. *Can. J. Bot.*, 31 : 577-659.

, S.J. and G.L. HENNEBERT, 1961. ungi, VIII. *Can. J. Bot.*, 30 : 1505-1508.

., 1964. Recherches sur la nature et de de formation des spores chez le *Torula. Bull. Soc. mycol. Fr.*, 80 : 186-

CK, B. (ed.), 1971. Taxonomy of Fungi ecti. Univ. Toronto Press, Toronto, 309

E. et O. REISINGER, 1970. Contri- à l'étude de la microflore fongique du , 1 : champignons observés sur débris ux et sur pièges de cellulose. *Rev. Biol. Sol*, 7 : 11-31.

I, A., 1961. Morphological and biolo- studies on *Torula campniacensis. Bot.* ., 57 : 47-52.

'. and A.S. YADAV, 1966. Additions to icrofungi of Bihar, III : Fungi Imperfecti ated with the decaying gramineous . *J. Indian bot. Soc.*, 44 : 402-406.

LUTTRELL, E.S., 1964. Systematics of *Helminthosporium* and related genera. *Mycologia*, 61 : 119-132.

MAJCHROVICZ, I. and T. DOMINIK, 1969. Further contribution to the knowledge of keratinolytic and keratinophilic soil fungi of the region of Szczecin. *Ekol. pol.*, Ser. A, 17 : 87-116.

MANGENOT, F. et E. KIFFER, 1972. Pouvoir ligninolytique des sols de la R.C.P. 40. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 9 : 21-39.

MATSUSHIMA, T., 1971. Microfungi of the Solomon Islands and Papua-New Guinea. Shionogi Res. Lab., Shionogi and Co. Ltd, 78 p.

MISRA, P.C., 1967. *Torula terrestris* n. sp. from soil. *Can. J. Bot.*, 45 : 367-369.

RAO, D., V. RAO and R. RAO, 1969. *Satwalekera*, a new genus of Hyphomycetes. *Nova Hedwigia*, 18 : 637-644.

REISINGER, O., 1968. Remarques sur les genres *Dendryphiella* et *Dendryphion. Bull. Soc. mycol. Fr.*, 34 : 27-51.

SAPPA, F., e A.M. MOSCA, 1954. Ricerche sulla micoflora dei terreni forestali somali. *Allionia*, 2 : 145-193.

SUBRAMANIAN, C.V., 1957. Hyphomycetes V. *J. Indian bot. Soc.*, 37 : 47-64.

SUBRAMANIAN, C.V. and B.L. JAIN, 1964. Conidiospores types in *Cochliobolus sativus. Trans. Br. mycol. Soc.*, 47 : 613-618.

COMPOSITION MINÉRALE DU FEUILLAGE DU SAPIN BAUMIER SELON LES MODALITÉS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RELATIONS AVEC QUELQUES INDICES DE CROISSANCE [1]

M. BRAZEAU [2] et B. BERNIER

Département d'écologie et pédologie, Faculté de foresterie et géodésie, Université Laval, Québec

Résumé

Cette étude a porté sur 20 peuplements mûrs de sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.) répartis sur trois séries dominantes de sol dans la Forêt Montmorency. Les variations de concentration en éléments selon la date d'échantillonnage à l'automne n'avaient guère de signification à l'intérieur de périodes de 2 à 3 semaines. Les concentrations en éléments minéraux ont varié selon l'âge et la position des aiguilles sur la cime. L'étude suggère que l'azote est l'élément qui limite le plus la croissance du sapin dans les stations considérées ; sa concentration dans les aiguilles est en relation positive avec la masse unitaire des aiguilles et la croissance courante en hauteur.

Abstract

This study deals with 20 mature balsam-fir (*Abies balsamea* [L.] Mill.) stands associated with three dominant soil series in the Montmorency Forest. Variations in nutrient concentrations due to sampling date during the autumn had little significance over 2 to 3 week periods. Nutrient concentrations varied according to needle age and crown position. This study suggests that nitrogen is the most growth-limiting nutrient in the sites investigated ; its concentration in needles was positively correlated with unit needle-weight and current height growth.

Introduction

L'analyse foliaire s'avère utile pour apprécier les conditions de fertilité des milieux forestiers et constitue un élément de décision dans les pratiques de fertilisation forestière. Elle n'en est pas moins soumise à certaines exigences au nombre desquelles il convient de définir les variations de teneur en éléments inhérentes à la période d'échantillonnage, au niveau de prélèvement sur la cime et à l'âge des tissus. Les modalités d'échantillonnage des essences résineuses ont fait l'objet de nombreux travaux (Höhne, 1964 ; Lowry et Avard, 1965 ; Madgwick, 1964 ; Strebel, 1961 ; Tamm, 1955 ; White, 1954), mais le sapin baumier a reçu peu d'attention à cet égard. Le présent travail vise en partie à combler cette lacune.

L'étude des relations entre la croissance des arbres en peuplements artificiels, et la teneur en éléments minéraux du feuillage, est couramment utilisée pour déceler des cas où la limitation de croissance est attribuable à une carence d'éléments nutritifs. Les observations en

[1] Ce rapport est basé sur une thèse de maîtrise soumise à l'Université Laval par M. Brazeau.

[2] Adresse actuelle : Canadian Industries Ltd., Montréal.

ce sens sont beaucoup plus limitées pour les peuplements résineux naturels. Gagnon (1964), Lowry et Avard (1968) et Swan (1970) ont toutefois apporté une contribution importante à la mesure de ces relations chez *Picea mariana*, et montré que l'azote s'avère l'élément limitatif prépondérant de la croissance.

En plus d'étudier l'influence des modalités d'échantillonnage sur la composition foliaire, le présent travail vise à fournir une information préliminaire sur les relations liant la croissance du sapin et la teneur en éléments minéraux du feuillage, pour un ensemble de stations mésiques de la sapinière du sud des Laurentides, en vue d'orienter des travaux de fertilisation expérimentale.

Matériel et méthodes

L'étude a porté sur 20 peuplements de sapin baumier à l'intérieur de la forêt expérimentale de Montmorency, au nord-ouest de Québec, dans le domaine climacique de la sapinière à bouleau blanc (région forestière B.1a ; Rowe, 1959). Le tableau I fournit quelques caractéristiques des peuplements étudiés, répartis sur trois séries dominantes de sols issus de moraines granitiques.

L'échantillonnage des 20 peuplements a été effectué entre le 11 et le 21 septembre, et a porté sur 10 arbres dominants ou co-dominants par peuplement. Les prélèvements ont été effectués sur tout le pourtour du tiers supérieur de la cime, de façon à minimiser les variations inhérentes à l'orientation. Un échantillonnage a ausi été effectué, à partir du 6 septembre, pendant dix semaines consécutives, dans un peuplement sur sol Laurentide (station 10), afin de mesurer l'ampleur des variations de concentrations en éléments minéraux du feuillage au cours de l'automne, y compris la période où l'échantillonnage des 20 peuplements a été réalisé. Pour évaluer les variations attribuables au niveau de prélèvement sur la cime, un échantillonnage a été réalisé à chacun des trois tiers verticaux des cimes dans un des peuplements sur sol Laurentide (station 2).

MÉTHODES ANALYTIQUES

Après rinçage à l'eau bi-distillée, les rameaux ont été séparés selon l'âge des aiguilles et séchés à 65°C pendant 48 h. Les aiguilles ont été broyées à 20 mailles et séchées à nouveau (24 h) avant analyse. Pour permettre une expression des

TABLEAU I

Quelques caractéristiques des stations et arbres étudiés

Sol		*No. stations échantillonnées*	*No. arbres échantillonnés*	*Arbres*		
Série	*Classe de drainage*			*Âge moyen*	*Hauteur moy.*	*D.H.P. moy. quad.*
				années	*m*	*cm*
Laurentide [1]	2	10	100	60±10[3]	13.8±1.6	15.1±2.9
Piché [1]	3	6	60	56±11	14.2±1.6	15.6±2.8
Colligan [2]	4	4	40	59±14	14.2±2.0	15.7±3.3

[1] Podzol ferro-humique orthique
[2] Podzol ferro-humique gleyifié
[3] *Moyenne et écart-type*

:s d'analyse en contenu (mg/100 s), en plus de la concentration, déterminations séparées de la de 50 aiguilles ont été effectuées haque échantillon.

ote a été déterminé par la méthode e et Parks (1946). Après minéra- des tissus par traitement aux nitrique et perchlorique (Johnson ch, 1959), le phosphore a été ar la méthode à l'acide phospho- molybdique (Kitson et Mellon, et le potassium, le calcium et le sium par spectrophotométrie d'ab- n atomique.

MENTS STATISTIQUES

alyse de variance (appropriée au ne de dépendance des données), w de Tukey et la technique de ion des moyennes de Student- in-Kuel ont été utilisés pour dé- r les différences significatives de nes au seuil de 0.05.

Résultats

'ÉCHANTILLONNAGE

général, les concentrations en ts ont accusé une augmentation ssive depuis la fin de septembre 4e prélèvement) jusqu'à la mi-no- , pour diminuer subséquemment). Les variations étaient significa- our chaque génération d'aiguilles u II), à l'exception de N (aiguilles ins), K (aiguilles d'un an) et Ca es d'un an et de 3 ans). L'ana- tatistique appliquée à des paires ntillonnages consécutifs a toute- ontré l'existence de périodes de é de concentration s'étalant sur 2 maines, ce qui était le cas notam- les 3 premières semaines, période urs de laquelle l'échantillonnage stations a été effectué.

TABLEAU II

Valeurs de F dans l'analyse des variations de concentration en éléments attribuables à la date d'échantillonnage [1]

Élément	*Âge des aiguilles*		
	1 an	*2 ans*	*3 ans*
N	6.1 **	1.5	2.8 **
P	6.8 **	6.0 **	5.3 **
K	1.5	3.2 **	3.6 **
Ca	0.7	2.8 **	0.8
Mg	9.6 **	10.5 **	8.9 **

[1] Station 10, sol Laurentide, tiers supérieur de la cime.

** Significatif au seuil 0.01.

TABLEAU III

Concentration (%) en N, P, K, Ca et Mg des aiguilles du sapin baumier selon le niveau de prélèvement sur la cime (sol Laurentide, station 2)

Élément	*Niveau de la cime*	*Âge des aiguilles*		
		1 an	*2 ans*	*3 ans*
N	sup.	1.34	1.23	1.29
	méd.	1.32	1.26	1.24
	inf.	1.31	1.27	1.23
P	sup.	0.21	0.16	0.14
	méd.	0.19	0.16	0.14
	inf.	0.19	0.16	0.14
K	sup.	0.46	0.38	0.36
	méd.	0.47	0.41	0.38
	inf.	0.50	0.41	0.37
Ca	sup.	0.68	0.99	1.01
	méd.	0.64	0.88	0.95
	inf.	0.57	0.78	0.85
Mg	sup.	0.13	0.14	0.12
	méd.	0.12	0.11	0.09
	inf.	0.10	0.10	0.08

Les moyennes reliées par un trait ne sont pas significativement différentes au seuil de 0.05.

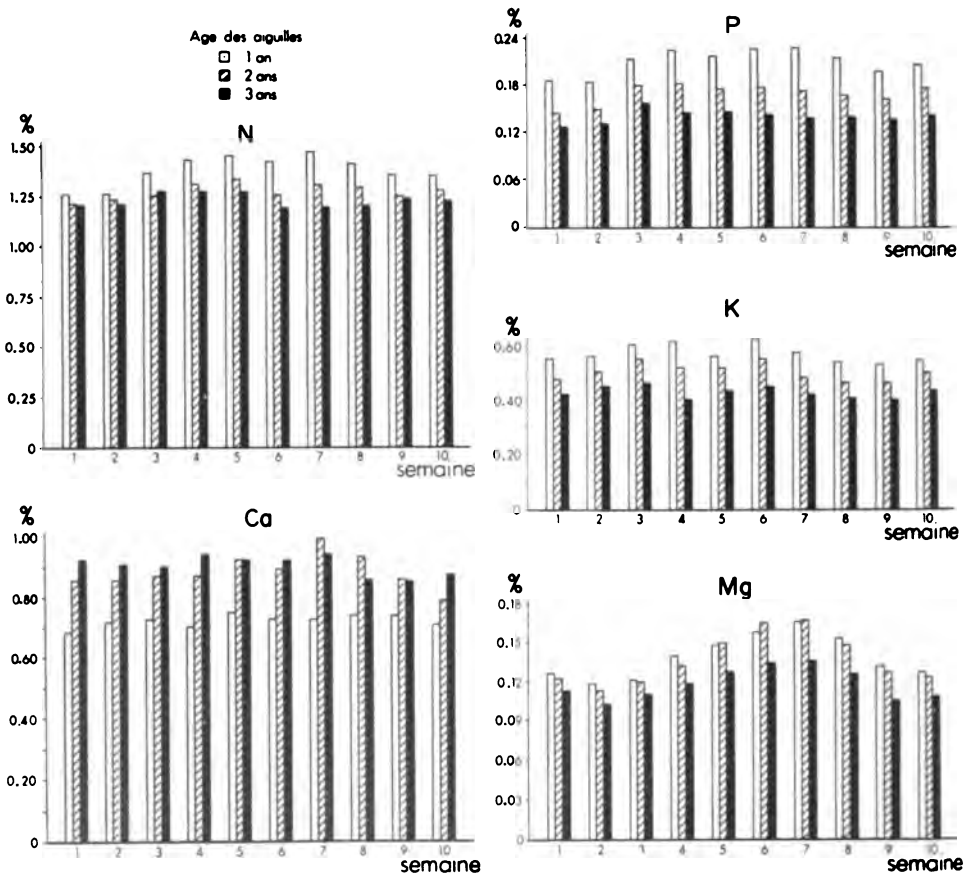


Figure 1. Concentration en N, Ca, P, K et Mg des aiguilles du sapin baumier au cours de dix semaines consécutives, à compter du 6 septembre 1967 (station 10, sol Laurentide).

NIVEAU DE PRÉLÈVEMENT

L'analyse du feuillage prélevé aux tiers supérieur, médian et inférieur de la cime des arbres d'un peuplement sur sol Laurentide (station 2) a révélé une diminution générale des concentrations en éléments du haut vers le bas de la cime, à l'exception de K (tableau III). Ces variations n'étaient toutefois significatives que pour Ca, Mg et P ; pour ce dernier élément, la variation n'affectait que les aiguilles d'un an.

Le sens des variations attribuables à la position sur la cime (tableau IV) différait selon l'élément et l'âge des tissus, pour les résultats exprimés en contenu d'éléments (mg d'élément/100 aiguilles). *À l'exception de Mg*, le contenu en éléments par 100 aiguilles d'un an était plus élevé dans la partie inférieure de la cime que dans la partie supérieure ; l'inverse s'est produit dans les aiguilles de 3 ans et ce, pour tous les éléments. Cette observation découle de ce que la masse de 100 aiguilles d'un an est significativement plus faible à ce dernier niveau, ce qui n'est pas le cas des aiguilles plus vieilles (tableau V).

ÂGE DES AIGUILLES

L'analyse des échantillons prélevés aux trois tiers de la cime a permis de constater des différences de concentrations en éléments attribuables à l'âge des aiguilles, quel que soit le niveau de prélèvement des tissus sur la cime (ta-

bleau III). Une évaluation plus précise de ces variations, pour le tiers supérieur de la cime, a été obtenue en considérant l'ensemble des peuplements étudiés (tableau VI). Les concentrations en N, P, K et Mg diminuaient avec l'âge des aiguilles, alors que la concentration en Ca augmentait dans les aiguilles plus vieilles. Ces variations étaient très significatives pour tous les éléments analysés. Une analyse des données obtenues pour chacun des 20 peuplements a d'ailleurs permis de constater que les variations sont décelables à partir d'un échantillonnage beaucoup plus restreint, puisque les écarts de concentration attribuables à l'âge des aiguilles étaient significatifs dans 16, 20, 18, 17 et 18 des 20 peuplements, pour N, P, K, Ca et Mg respectivement.

TABLEAU IV

Contenu (mg/100 anguilles) en N, P, K, Ca et Mg des aiguilles du sapin baumier selon le niveau de prélèvement sur la cime (sol Laurentide, station 2)

Élément	*Niveau de la cime*	*Âge des aiguilles*		
		1 an	*2 ans*	*3 ans*
N	sup.	2.66	3.52	4.68
	méd.	2.95	3.68	4.24
	inf.	3.21	3.83	4.18
P	sup.	0.41	0.46	0.52
	méd.	0.42	0.45	0.48
	inf.	0.46	0.48	0.49
K	sup.	0.91	1.08	1.32
	méd.	1.06	1.20	1.31
	inf.	1.23	1.24	1.27
Ca	sup.	1.37	2.82	3.65
	méd.	1.45	2.58	3.23
	inf.	1.40	2.38	2.90
Mg	sup.	0.26	0.39	0.42
	méd.	0.26	0.31	0.32
	inf	0.25	0.30	0.29

Les moyennes reliées par un trait ne sont pas significativement différentes au seuil de 0.05.

TABLEAU V

Masse de tissus anhydre (mg) par 100 aiguilles (sol Laurentide, station 2)

Tiers de la cime	*Âge des aiguilles*		
	1 an	*2 ans*	*3 ans*
Supérieur	198	283	362
médian	224	291	341
Inférieur	245	301	339

Les moyennes reliées par un trait ne sont pas significativement différentes au seuil 0.05. Les différences attribuables à l'âge des aiguilles sont toutes significatives.

L'expression des résultats en mg/100 aiguilles a, au contraire, révélé une augmentation du contenu en éléments avec l'âge des aiguilles (tableau VII). Cette augmentation découle de la forte augmentation de la masse unitaire des aiguilles avec l'âge (tableau VIII).

INTENSITÉ D'ÉCHANTILLONNAGE

Dans le but d'évaluer la dimension des échantillonnages futurs pour l'analyse foliaire du sapin, notamment pour des études de comparaison de stations, nous avons calculé, à partir des données fournies par ce travail, l'intensité de prélèvement nécessaire pour déceler des différences significatives entre deux moyennes (Snedecor, 1956). Pour des échantillons prélevés au tiers supérieur de la cime, cette évaluation montre qu'un écart de 15% sur les moyennes de concentration en N et P est largement significatif lorsque l'échantillonnage groupe 10 arbres (tableau IX). Dans le cas de K, Ca et Mg, l'échantillonnage devrait porter sur environ 15 arbres pour que le même écart soit significatif. Un calcul effectué sur les résultats d'analyse des échantillons prélevés aux trois tiers de la cime (sol Laurentide, station 2) a révélé que l'échantillonnage aux tiers médian et inférieur de la cime devrait porter

TABLEAU VI

Moyennes (%) en N, P, K, Ca et Mg des aiguilles du sapin baumier au tiers supérieur de la cime

Série de sol	*Âge des aiguilles*	*N*	*P*	*K*	*Ca*	*Mg*
Laurentide (10 stations)	1 an	1.40	0.21	0.51	0.66	0.15
	2 ans	1.30	0.16	0.43	0.86	0.15
	3 ans	1.28	0.13	0.38	0.89	0.12
		(9) [1]	(10)	(10)	(9)	(9)
Piché (6 stations)	1 an	1.45	0.20	0.51	0.66	0.16
	2 ans	1.38	0.16	0.46	0.84	0.14
	3 ans	1.31	0.14	0.43	0.86	0.12
		(4)	(6)	(6)	(6)	(6)
Colligan (4 stations)	1 an	1.42	0.20	0.52	0.69	0.15
	2 ans	1.36	0.16	0.47	0.84	0.14
	3 ans	1.32	0.14	0.43	0.85	0.12
		(3)	(4)	(2)	(2)	(3)
Ensemble (20 stations)	1 an	1.42±.14 [2]	0.21±.02	0.51±.09	0.66±.13	0.15±.03
	2 ans	1.34±.12	0.16±.02	0.45±.08	0.85±.17	0.14±.03
	3 ans	1.30±.10	0.14±.02	0.40±.07	0.88±.18	0.12±.02
		(16)	(20)	(18)	(17)	(18)

[1] Nombre de parcelles dans lesquelles les concentrations en éléments variaient significativement (seuil 0.05) avec l'âge des aiguilles.
[2] Écart-type commun.

TABLEAU VII

Contenus moyens (mg/100 aiguilles) en N, P, K, Ca et Mg des aiguilles du sapin baumier au tiers supérieur de la cime

Série de sol	*Âge des aiguilles*	*N*	*P*	*K*	*Ca*	*Mg*
Laurentide (10 stations)	1 an	3.24	0.48	1.16	1.50	0.34
	2 ans	4.48	0.53	1.48	2.95	0.50
	3 ans	5.35	0.56	1.59	3.73	0.51
Piché (6 stations)	1 an	3.50	0.49	1.21	1.55	0.38
	2 ans	4.98	0.57	1.65	3.02	0.52
	3 ans	5.56	0.60	1.72	3.62	0.52
Colligan (4 stations)	1 an	2.68	0.52	1.34	1.80	0.39
	2 ans	5.18	0.60	1.77	3.20	0.54
	3 ans	5.51	0.59	1.77	3.52	0.50
Ensemble (20 stations)	1 an	3.42±1.08 [1]	0.49±0.14	1.21±0.36	1.58±0.50	0.36±0.12
	2 ans	4.77±1.07	0.56±0.11	1.59±0.42	3.02±0.81	0.52±0.15
	3 ans	5.44±1.07	0.58±0.11	1.66±0.43	3.65±0.90	0.51±0.12

[1] *Écart-type commun.*

sur un nombre plus élevé de sujets, notamment pour Ca et Mg.

TABLEAU VIII

Masse de tissus anhydre par 100 aiguilles au tiers supérieur de la cime

Âge des aiguilles	*mg/100 aiguilles* [1]
1 an	239±61
2 ans	355±76
3 ans	419±74

[1] Moyenne $\pm\sigma$ de 200 arbres. Les différences entre les âges sont significatives au seuil 0.001.

Le nombre d'échantillons requis pour qu'un écart donné entre les moyennes de contenu en éléments (mg/100 aiguilles) soit significatif est comparativement plus élevé (tableau IX).

RELATION ENTRE LA TENEUR EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX ET LA CROISSANCE DU SAPIN BAUMIER

Comme esquisse préliminaire, nous avons mesuré les relations entre quelques indices de croissance des arbres et la teneur en éléments minéraux du feuillage, pour l'ensemble des 20 stations étudiées (tableau X). En général, les relations présentées ici pour les aiguilles d'un an sont partagées pour les aiguilles de 2 ans ou de 3 ans. Cette étude met en lumière une relation positive significative entre la masse unitaire des aiguilles et la concentration en azote, entre la croissance courante en hauteur des arbres et la concentration en azote des aiguilles, et une relation négative entre cette même variable de croissance et la

TABLEAU IX

Nombre d'échantillons requis pour qu'un écart de 10, 15 ou 20% entre deux moyennes soit significatif au seuil de probabilité de 0.05 [1]

	Âge des aiguilles	*Concentration (%)*			*Contenu (mg/100 aiguilles)*		
		10%	*15%*	*20%*	*10%*	*15%*	*20%*
	1 an	8	4	2	78	35	20
N	2 ans	7	3	2	40	18	10
	3 ans	6	3	2	31	14	8
	1 an	12	5	3	64	29	16
P	2 ans	11	5	3	34	15	9
	3 ans	14	6	4	29	13	8
	1 an	28	13	7	68	31	17
K	2 ans	30	14	8	55	25	14
	3 ans	28	13	7	53	24	14
	1 an	32	15	8	80	36	20
Ca	2 ans	32	15	8	56	25	14
	3 ans	33	15	9	48	21	12
	1 an	29	13	8	84	37	21
Mg	2 ans	28	13	7	69	31	18
	3 ans	28	13	7	46	21	12

[1] Nombres estimés en utilisant les moyennes générales et les écarts-type communs (1/3 supérieur de la cime).

TABLEAU X

Coefficients de corrélation linéaire (r) entre la teneur en éléments des aiguilles du sapin baumier et quelques données de croissance

	Concentration (%)					*Contenu (mg/100 aiguilles)*				
	N	*P*	*K*	*Ca*	*Mg*	*N*	*P*	*K*	*Ca*	*Mg*
Masse de 100 aiguilles [1]	0.32 **	0.00	–0.04	–0.07	0.07	0.93 **	0.87 **	0.80 **	0.72 **	0.76 **
Croissance courante en hauteur	0.29 **	0.06	0.02	–0.28 **	0.05	0.20 *	0.15	0.12	–0.09	0.14
Croissance courante des 5 dernières années	–0.07	–0.15	–0.03	0.14	0.02	–0.03	–0.07	–0.01	0.09	0.01
Hauteur/âge économique	–0.03	–0.03	0.03	0.05	0.22 **	–0.03	–0.04	0.00	0.01	0.12
D.H.P.	–0.02	0.02	0.01	–0.23 **	–0.17 *	–0.23 **	–0.21 **	–0.21 **	–0.34 **	–0.29 **

* significatif au seuil 0.05 ; ** significatif au seuil 0.01.

[1] aiguilles d'un an, tiers supérieur de la cime.

ɜntration en calcium des aiguilles. 'elations négatives sont aussi mani- ; entre le diamètre des tiges et les ɜntrations en Ca et Mg des aiguil- es équations de régression obtenues ɹne valeur de prédiction car les rs standards (Sy.x) sont faibles.

; relations entre le diamètre des et le contenu en éléments des lles (mg/100 aiguilles) sont signi- ves pour tous les éléments. Cela à ce que les contenus en éléments tous fortement reliés entre eux (ta- XI).

Discussion

teneur en éléments minéraux des lles du sapin baumier varie selon des aiguilles, le niveau de prélè- nt des échantillons sur la cime et ɜte d'échantillonnage à l'automne. l'ensemble, les observations rap- es ici concordent bien avec les usions des travaux publiés sur l'in- ce du niveau de prélèvement des ; sur la cime et de l'âge des ai- ɜs (Höhne, 1964 ; Leyton et Arm- 1955 ; Lowry et Avard, 1965 ; ɡwick, 1964 ; White, 1954).

La période automnale est généralement considérée la plus propice à l'échantillonnage foliaire des résineux, en raison de la stabilité relative des concentrations d'éléments à cette période (Höhne, 1964 ; Lavender et Carmichael, 1966 ; Tamm, 1955 ; White, 1954). La présente étude indique toutefois que des variations significatives peuvent être anticipées si l'échantillonnage s'étale sur une assez longue période, ce qui peut être le cas dans les études portant sur la comparaison de stations ou sur l'analyse des réponses à l'application d'engrais dans des dispositifs expérimentaux élaborés. Les variations observées paraissent toutefois se faire sans fluctuation rapide et n'ont guère de signification à l'intérieur des périodes s'étalant sur 2 à 3 semaines. Dans le cas présent, l'analyse des variations de concentration attribuables à la date d'échantillonnage indique que l'échantillonnage des 20 stations étudiées a été réalisé à l'intérieur d'une période de stabilité suffisante des concentrations pour ne pas influencer les relations entre les indices de croissance considérés et la teneur en éléments minéraux du feuillage.

TABLEAU XI

Coefficients de corrélation linéaire (r) entre les teneurs en éléments des aiguilles d'un an du sapin baumier

Concentration (%)				*Contenu (mg/100 aiguilles)*			
N	*P*	*K*	*Ca*	*N*	*P*	*K*	*Ca*
0.47 **				0.90 **			
0.10	0.22 **			0.80 **	0.78 **		
–0.12	–0.23 **	–0.02		0.64 **	0.51 **	0.54 **	
0.30 **	0.40 **	–0.07	0.08	0.79 **	0.82 **	0.62 **	0.53 **

ɡnificatif au seuil 0.01.

À la lumière des résultats présentés ici, et compte tenu du nombre d'échantillons requis pour une précision suffisante des moyennes, lequel tend à augmenter pour les prélèvements réalisés dans la partie inférieure de la cime, il paraît préférable de restreindre l'échantillonnage au tiers supérieur de la cime. À ce niveau de prélèvement, le nombre d'échantillons requis pour qu'un écart de 15% sur les moyennes des concentrations soit significatif s'établit entre 10 et 15 arbres, selon l'élément considéré. Ce nombre n'est pas affecté par l'âge des aiguilles. Cependant, comme les concentrations en éléments varient avec l'âge des aiguilles et que les valeurs maximales ont été observées dans les aiguilles d'un an, à l'exception du calcium, il est préférable d'arrêter son choix sur les aiguilles de cet âge si l'on veut restreindre le nombre d'échantillons à analyser. Ce choix est doublement motivé par le fait qu'il semble s'établir une relation étroite entre la teneur en éléments minéraux des aiguilles de cet âge et certains indices de croissance du sapin baumier.

Un des buts de ce travail était de déterminer s'il existe des relations entre certains indices de croissance du sapin, à l'intérieur de la région et du groupe de peuplements considérés, et la teneur en éléments minéraux du feuillage, dans le but de déceler des limitations possibles de croissance attribuables à une carence d'éléments nutritifs. Pour restreinte qu'elle soit, cette étude suggère que l'azote est l'élément qui limite le plus la croissance du sapin dans les stations étudiées. Cette observation rejoint celles qui ont été faites pour d'autres essences résineuses en forêt naturelle (Gagnon, 1964 ; Lowry et Avard, 1968 ; Swan, 1970). Bien que les coefficients de corrélation mesurés soient *relativement faibles,* il faut considérer qu'une gamme plus grande de productivité aurait sans doute accentué ces relations.

Les fortes relations trouvées entre les contenus en éléments (mg/100 aiguilles) et la masse de 100 aiguilles n'est pas surprenante puisque l'expression mg d'élément/100 aiguilles n'est autre que le produit des concentrations par la masse de 100 aiguilles. De même, les relations négatives observées entre le diamètre des tiges et les contenus en éléments du feuillage s'expliquent du fait qu'il existe une relation négative entre la masse des aiguilles et le d.h.p. ($r = -0.30^{**}$). Il faut reconnaître que la quantité d'éléments par 100 aiguilles inclut une expression de la vigueur de l'arbre — la masse de 100 aiguilles — qui est déjà intimement reliée à la croissance.

Ces observations soulignent l'à-propos d'utiliser les concentrations, plutôt que les contenus en éléments, comme moyen d'expression de la composition minérale du feuillage, et rejoignent à cet égard les conclusions de Tamm (1964) et de Lowry et Avard (1969). Il n'en reste pas moins que l'expression des résultats en contenu d'éléments (mg/100 aiguilles) trouve parfois une application utile dans l'interprétation des résultats de fertilisation (Leaf *et al.*, 1970).

Remerciements

Les auteurs sont redevables au Conseil national de recherches du Canada, au Ministère de l'environnement, Ottawa, et à la compagnie Canadian Industries Ltd. pour leur support financier. Ils remercient le Dr Y. Laflamme pour ses suggestions au cours de ce travail.

Références

COLE, J. O. and C. P. PARKS, 1946. Semimicro-Kjeldahl procedure for control laboratories. Anal. Chem., 18 : 61-62.

J. D., 1964. Relationships between x and foliage nitrogen at two crown r mature black spruce. *For. Chron.,* -174.

, 1964. Über den Einfluss des Baum- if das Gewicht und den Elementge- s 4 jahriger Nadeln der Fichte. *Arch.* 13 : 247-265.

C. M. and A. ULRICH, 1959. Ana- ethods for use in plant analysis. *Bull. ric. Exp. Stn.,* 766.

. E. and M. G. MELLON, 1944. Co- : determination of phosphorus as anado-phosphoric acid. *Ind. Engng.* inalyt. edn., 16 ; 379-389.

, D P. and R. L. CARMICHAEL, 1966. f three variables on mineral concen- in Douglas-Fir needles (*Pseudotsuga i* [Mirb.]. *For. Sci.,* 12 : 441-446.

.., J. V. BERGLUND and R.E. LEO- 1970. Annual variation in foliage of and/or irrigated red pine planta- *oc. Soil Sci Soc. Am.,* 34 : 677-682.

.. and K. A. ARMSON, 1955. Mineral tion of the foliage in relation to the f Scots pine. *For. Sci.,* 1 : 210-218.

. L. and P. M. AVARD, 1965. Nutrient of black spruce needles. I. Variations crown position and needle age. *Tech. p Pap. Res. Inst. Can.,* 425, 21 p.

. L. and P.M. AVARD, 1968. Nutrient of black spruce needles. II. Variation wn class and relationships to growth d. *Woodland Papers Pulp Pap. Res. ., no 3,* 20 p.

LOWRY, G. L. and P. M. AVARD, 1969. Nutrient content of black spruce and jack pine needles. III. Seasonal variations and recommended sampling procedures. *Woodland Papers Pulp Pap. Res. Inst. Can.,* no 10.

MADGWICK, H. A. I., 1964. Variations in the chemical composition of red pine (*Pinus resinosa* Ait.) leaves : a comparison of well-grown and poorly-grown trees. *Forestry,* 37 : 87-94.

ROWE, J. S., 1959. Forest Regions of Canada. *Bull. Canada Dept. North. Aff. and Nat. Res.,* For. Br., no 123, 71 p.

SNEDECOR, G.N., 1956. Statistical methods, 5th ed. The Iowa State College Press, Ames, Iowa, 534 p.

STREBEL, O., 1961. Nadelanalytische Untersuchungen an Fitchten-Altbeständen sehr guter Wuchsleistung im bayerischen Alpenvorland. *Forstwiss. Cbl.,* 80 : 344.

SWAN, H. S. D., 1970. Relationships between nutrient supply, growth and nutrients concenration in the foliage of black spruce and jack pine. *Woodland Papers Pulp Pap. Res. Inst. Can.,* no 19, 46 p.

TAMM, C. O., 1955. Studies on forest nutrition. I. Seasonal variation in the nutrient content of conifer needles. *Meddn St. Skogsforskinst.,* 45 : 1-34.

TAMM, C. O., 1964. Determination of nutrient requirements of forest stands. Rev. For. Res., 1, Acad. Press. N.Y., pp. 115-170.

WHITE, D. P., 1954. Variation in the nitrogen, phosphorus and potassium contents of pine needles with season, crown position and sample treatment. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.,* 18 : 326-330.

liste can., 100 : 277-314 (1973).

GEOLOGICAL EVOLUTION OF THE SOUTHERN EXTENSION OF THE LABRADOR TROUGH

M.K. SEGUIN
Département de géologie, Université Laval, Québec

Résumé

Cet article est avant tout une synthèse des renseignements géologiques relatifs à la partie méridionale de la fosse du Labrador dans le district de Wabush-Gagnon, nord-est du Québec et Labrador.

Les granulites d'âge Archéen appartenant au complexe Ashuanipi représentent les plus vieilles roches de la région. Elles forment le socle des roches protérozoïques (supergroupe Kaniapiskau), comprenant la formation de Katsao (shales et grauwackes métamorphosés), le marbre de Duley, le quartzite Wapussakatoo, la formation de fer Wabush et la formation Nault (shales et grauwackes métamorphosés). Ces roches ont été plissées en direction nord-est au cours d'une première phase de l'orogénie hudsonnienne. La déposition de la formation Sims (conglomerat polymictique et grès) et l'intrusion de gabbros à olivine (gabbros de Shabogamo) dans le supergroupe Kaniapiskau et la formation Sims vinrent ensuite. De nouvelles déterminations d'âge suggèrent que les gabbros de Shabogamo se sont introduits au cours de la dernière phase de l'orogénie hudsonnienne, ce qui implique que la formation Sims est un sédiment orogénique.

À une époque ultérieure, toutes les roches de la région ont été remaniées une seconde fois durant l'orogénie Grenville. Les plis d'âge Grenville superposés sur les plis d'âge hudsonien ont produit un patron complexe, en forme de dômes et de bassins. Le degré de métamorphisme au cours de l'orogénie Grenville a progressé du facies des schistes verts au facies à granulite en se rapprochant du front Grenville. Le métamorphisme est essentiellement isochimique. La recristallisation thermique a survécu au métamorphisme dynamique donnant lieu au développement de gneiss à grains très grossiers avec textures granoblastiques sur de grands secteurs de la région étudiée.

Abstract

This paper summarizes the geology of the southern extension of the Labrador trough, in the Wabush-Gagnon district of northeastern Québec and Labrador.

Archean granulites of the Ashuanipi Complex are the oldest rocks of this region. They served as basement of the Proterozoic Kaniapiskau Supergroup, comprising the Katsao Formation (metamorphosed shales and greywackes), Duley Marble, Wapussakatoo Quartzite, Wabush Iron Formation and Nault Formation (metamorphosed shales and greywackes). These rocks were folded in NE direction during a first phase of the Hudsonian Orogeny. Deposition of the Sims Formation (polymictic conglomerate, sandstone) and intrusion of olivine gabbros (Shabogamo gabbros) into the Kaniapiskau and Sims strata followed. New age determinations suggest that the Shabogamo gabbros intruded in the last phase of the Hudsonian orogeny ; therefore they indicate that the Sims Formation is an orogenic sediment.

Later all rocks of the area were overprinted a second time during the Grenville orogeny. Superposition of folds of Grenville ages upon the Hudsonian folds produced a complex basin *and dome* pattern. The degree of metamorphism during

the Grenville orogeny increases from greenschist facies to the granulite facies away from the Grenville front. Metamorphism was essentially isochemical. Thermal recrystallization outlasted dynamic metamorphism leading to the development of very coarse grained gneisses with granoblastic textures in large parts of the area.

Introduction

A fair amount of the material discussed in this paper makes no claim to originality and may be found in the list of published and unpublished articles presented in references. However, no complete and up-to-date review of the geology of the southernmost Labrador geosyncline exists at present, except for a brief summary in Dimroth, Baragar, Bergeron and Jackson (1970). Therefore it appeared worth-while to summarize available data on the stratigraphy, structure and metamorphism of this important area. In addition to review work, a fair amount of new data are presented. These include 10 new isotopic age determinations, over 80 individual chemical analyses of rocks (see Table 1), the examination of some 20 outcrop locations with an helicopter in areas where insufficient geological information was available, the detailed study of some 150 thin sections, 17 partial chemical analyses of biotites and garnets. A discussion of the most common phase assemblages and a concise qualitative interpretation of the airborne and ground geophysical data available and which allow the solution of specific geological problems is incorporated in this study. New geological information obtained through geophysical data is either mentioned or discussed in this paper but a detailed quantitative interpretation of the aeromagnetic and ground magnetic data combined with a regional study of remanent magnetism will make the subject of another paper.

Location and accessibility

The area in which geological information was obtained lies between latitude 51°40′ and 53°50′ N and longitude 60°20′ and 68°20′ W. The southern boundary is Lac Blough and the northern boundary Sawbill Lake (Fig. 1). The area contains two important iron ore districts: (1) The Wabush-Mount Wright region extends west and south west of Labrador City along the boundary between Labrador — Newfoundland and Québec; it continues northeast in a range of hills (Wapussakatoo mountains) as far as Shabogamo Lake, (2) The Gagnonville — Mount Reed region is located to the south of the area and is centered around 52°N latitude and 68°W longitude. The first area is readily accessible by air and rail from Sept-Iles on the Saint Lawrence River. The main line of Quebec North Shore and Labrador Railways traverses the length of the area and a spur line of

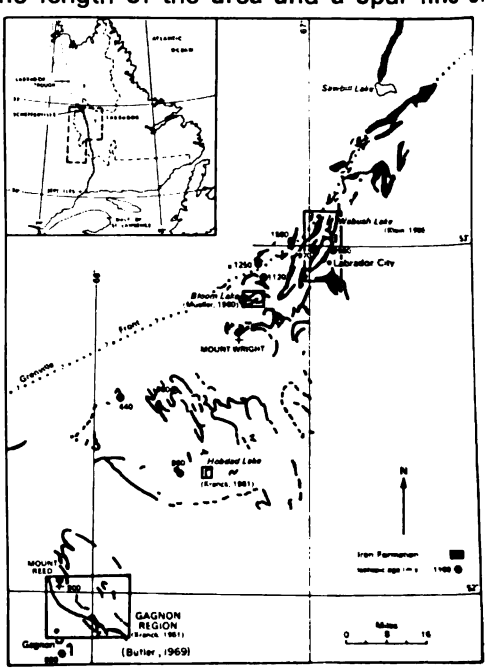


Figure 1. Map showing the location of the area studies and the spatial distribution of the iron formation. The map is modified from Gross (1961) and Butler (1969).

TABLE I

Average chemical composition of some rock types of the southern Labrador trough

Rock type	*No. analyses*	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	*FeO*	*MgO*	*MnO*	*CaO*	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	H_2O^-
Ashuanipi Complex	2	65.91	0.44	15.91	1.37	4.16	2.61	0.05	0.21	3.72	2.63	0.25	0.14	1.05
Ashuanipi Complex	3	64.08	0.41	15.87	1.84	2.67	1.52	0.03	2.02	4.64	2.84	0.21	0.19	1.86
Katsao Schist	2	56.10	0.82	15.31	3.36	9.44	6.34	0.04	1.09	2.22	5.25	0.01	1.53	0.10
Katsao Schist	3	63.74	0.58	14.91	1.73	4.38	3.29	0.04	3.41	3.16	2.72	0.09	0.14	0.89
Katsao Schist	3	68.28	0.58	14.05	0.13	6.44	1.57	0.08	1.06	1.57	2.24	0.09	0.18	1.78
Katsao Schist	2	70.04	0.33	14.63	1.02	2.40	1.05	0.04	2.04	3.55	1.55	0.08	0.18	1.56
Carol-Wapussakatoo	3	71.90	0.43	14.25	1.23	2.19	0.43	0.01	0.11	0.82	3.63	0.11	0.21	2.09
Quartzite	3	84.64	0.01	9.79	0.35	0.01	0.21	0.00	0.18	0.22	2.26	0.01	0.15	1.56
Huguette Formation	3	56.05	0.93	10.72	4.27	13.82	5.44	0.88	2.98	1.68	3.18	—	4.48	0.21
Huguette Formation	2	65.92	0.34	16.82	1.24	2.17	1.89	0.04	3.33	4.93	1.71	0.38	0.13	0.90
Huguette Formation	3	66.12	0.50	12.68	0.89	3.01	2.02	0.03	1.23	2.72	3.01	0.14	0.23	3.81
Lower Wabush	2	63.61	0.02	0.40	0.78	16.45	0.24	0.87	12.92	4.33	0.01	0.05	0.19	—
Lower Wabush	3	13.65	0.01	—	0.31	81.95	2.57	0.21	1.50	—	0.02	0.01	0.21	—
Upper Wabush	3	22.23	0.01	0.02	64.23	11.23	0.20	0.19	0.52	—	—	0.02	0.34	1.31
Upper Wabush	3	31.12	0.00	0.01	32.58	33.20	1.35	0.42	1.85	—	—	0.03	0.29	—
Volcanic Rocks	2	54.25	1.65	13.56	5.30	6.48	7.52	0.08	1.78	1.54	7.70	0.01	3.25	0.13
Olivine Gabbro	3	47.42	3.81	13.96	3.86	10.50	6.51	0.20	8.17	3.59	1.96	0.00	0.22	0.06
Olivine Gabbro	3	45.09	2.81	16.54	2.11	11.34	8.34	0.17	8.83	3.53	1.22	0.01	0.04	0.09
Olivine Gabbro	2	44.61	3.07	15.39	3.57	10.20	9.78	0.18	9.01	2.96	1.21	0.02	0.43	0.09
Olivine Gabbro	3	46.30	3.51	14.65	4.25	8.72	8.48	0.18	9.25	3.15	1.50	0.00	0.37	0.11
Olivine Gabbro	3	45.35	2.56	17.01	3.84	9.60	9.10	0.15	8.79	3.38	1.18	0.00	0.12	0.08
Olivine Gabbro	2	45.33	4.02	13.71	3.89	11.12	7.88	0.21	8.76	3.38	1.66	0.01	0.26	0.13
Biotite-Amphibole Gneiss	3	60.56	0.66	15.08	3.37	2.76	4.38	0.08	5.24	3.76	4.08	—	2.49	0.14
Biotite-Amphibole Gneiss	3	62.92	0.61	15.29	2.76	2.30	4.52	0.04	4.05	5.00	2.50	0.02	0.57	0.09
Biotite-Amphibole Gneiss	3	60.08	0.21	15.41	1.73	3.58	2.26	0.05	4.11	4.46	2.83	0.30	0.12	2.40
Hornblende-Biotite Schist	2	45.51	3.70	15.07	4.36	9.88	7.45	0.17	8.60	3.69	1.56	0.19	0.12	0.02
Hornblende-Biotite Schist	3	44.68	3.64	13.46	2.58	10.88	9.29	0.29	9.35	3.29	1.28	0.22	0.46	0.11
Hornblende-Biotite-Garnet Schist	3	45.84	3.69	13.84	5.46	9.28	8.15	0.19	8.83	3.06	1.63	0.31	1.19	0.06
Biotite Schist	3	45.69	3.47	14.46	3.67	9.99	8.83	0.17	8.96	3.69	1.04	0.25	0.25	0.07
	3	39.45	3.61	7.26	4.45	21.54	10.02	2.91	6.23	4.50	0.01	0.22	0.77	0.01

Collector of samples : M.K. Seguin. Analyst : Miss Agathe Dauphin, Université Laval.

this railway runs west to Labrador City. Three daily air schedule from Sept-Iles, Québec and one regular daily airline service from St. John's Newfoundland, serve the length of the area and a spur line of accessible by air from Sept-Iles or Baie-Comeau and by rail from Port-Cartier. Quebec Cartier Mining (QCM) is now (1972) extending a spur line from the Gagnonville-Mount Reed area to their Mount Wright deposit. Expanding market for iron ore has been available for the development of the region and the growth in transportation facilities to and within the area.

History of previous geological work and exploration

The first geologist who visited this part of the Labrador trough was A.P. Low (1867) of the Geological Survey of Canada ; Low came within 35 miles of the Wabush Lake area. In reconnaissance surveys along the main water routes, he outlined between 1892 and 1895 the Labrador geosyncline and noted the occurrence of rocks having a high concentration of iron oxides in the Labrador – Ungava peninsula. Between 1914 and 1933, R. D'Aigle, M. Bondurant and others prospected for gold in areas west, southwest and north of Wabush Lake. After gold had been reported, J.E. Gill and H.L. James conducting an expedition for the New Quebec Company in 1929, discovered the first iron ore in the Wapussakatoo mountains and in 1933 Gill, Bannerman and Tolman undertook the first systematic mapping of part of the area and investigated the Wabush Lake region for reported gold occurrences. In the publication of their investigations (1937), the first detailed description of the various metasedimentary rock types of this area is given. After its incorporation in 1936, Labrador Mining and Exploration Company (LM & E) was granted extensive mineral concessions in Newfoundland and Québec and geological reconnaisance mapping of these concessions was undertaken. Systematic geologic investigations sponsored by exploration groups for iron ore resources began in 1948 in the Mount Wright area. In 1949, a LM & E geological party (Neal, 1950 and 1951) mapped part of the area west, southwest and north of Wabush Lake. Neal located the iron ore deposits of the Wabush area and named the formations in the Duley Lake and Wapussakatoo Series. The specularite – magnetite rocks sampled were reported to have good concentrating characteristics. The finding of the metamorphosed iron formation having proper characteristics has subsequently formed the basis of a vast iron-ore industry. In 1951, Iron Ore Company of Canada (IOCC) sponsored an aeromagnetic survey of the area west, southwest and north of Wabush Lake and in 1953 six reconnaissance geological parties were in the area. In 1954, D. Knowles mapped the area between Little Wabush and Duley Lake for the Canadian Javelin Company. Extensive detailed geologic mapping, drilling programmes and related mining development work have been undertaken concurrently with chemical, metallurgical, and petrographic studies of the iron oxides each year since. This work has been supplemented by geophysical (gravimetric as well as ground and airborne magnetic and electromagnetic) surveys and rock temperature investigations. Since 1955, the Geological Survey of Canada (Duffell and Roach, 1959 ; Fahrig, 1960 ; Wynne-Edwards, 1960, 1961 ; Jackson, 1962) and the Québec Department of Natural Resources (MacKean, 1959 ; Murphy, 1959, 1960, 1961 ; Phillips, 1958, 1959 ; Sinclair, 1960, 1961 ; Clarke, 1960, 1961, 1963, 1965, 1967, 1970) have sponsored field parties into southern Labrador trough.

1960, development commenced on Smallwood deposit and in 1962 uction began. Two open pits (Small- l and Humphrey mines) owned by : are now in production. Develop- : started on the Scully orebody ı of Little Wabush Lake in 1959 and uction by Wabush Iron Ore (WIO) n in 1965. The Lac Jeannine (Ga- ı) orebody owned by QCM went into uction in 1960 and their Mount ıht orebody is now (1972) at the stage of development.

)escription of regional geological setting

ıe area is located in a belt of late ambrian (Early Proterozoic) rocks ıding iron formation extending some miles across eastern Canada from north-western tip of Ungava Bay to ıonville, Québec. The iron formation near the base of the thick, variably ımorphosed series of sedimentary volcanic rocks. The trough attains greatest width (nearly 90 miles) in central part. The Labrador trough is mnant of an Early Proterozoic Geo- :line of much larger extent ; the Lac :assini Group and certain gneiss ɜs in the north western sector of the ıville Province may be remnants of s deposited in this geosyncline.

astil *et al.* (1960) subdivided the gh in three segments ; the division ased on the age of metamorphism trough rocks have undergone. The ıern and central segments only un- vent Hudsonian orogeny. On the r hand, the southern segment of the ador trough which extends from bill Lake to Gagnon, a distance of miles, shows imprint of Hudsonian Grenville orogenies. The Grenville t, trending approximately from 25° 70° NE separates *the central and* southern segments of the Labrador trough.

The metamorphic grade and structural style changes across the southern trough, away from the Grenville front. The metamorphic grade in the areas south of Sawbill Lake and in particular north of the Wabush Lake-Mount Wright regions close to the Grenville front belongs to the greenschist facies. Closer to the Grenville front, the metamorphism increases to the amphibolite facies. For instance, south of Wabush Lake, the metamorphosed iron formation is composed of carbonate, magnetite, specularite, amphiboles, pyroxenes and quartz (Klein, 1966). Clarke (1964) described a similar change in the metamorphic grade of the iron formation at the Grenville front north of Mount Wright.

The Wabush Lake region in the center of the area studied is most important because it is one of the few where rocks of various ages (Archean, Early and Middle Proterozoic) can be traced across the Grenville front into the Grenville Province. This region includes the point of intersection of three of the major geologic provinces of the Canadian Shield. The basement granitic gneisses of Archean age (Superior Province) are overlain by Early Proterozoic formations of the Labrador trough and the rocks of both groups are metamorphosed and deformed in the Grenville province. Directly west of the Wabush iron ore district, abrupt change in lithology from granitic gneisses to a metasedimentary sequence including biotite schists, marble, orthoquartzite and iron formation supplemented by geophysical information (gravity and ground magnetic surveys) indicate that the western edge of the Labrador trough is only two miles west of the most westerly metamorphic iron deposits. Clarke (1968) has outlined the border between the basement granite

TABLE II

Table of formations, southern portion of the Labrador trough

Cenozoic (Pleistocene and Recent)				Glacial, lacustrine and alluvial deposits.		
				Unconformity		
		Shabogamo Intrusions			Olivine gabbro, diorite, anorthosite and derived garnetiferous amphibolite schists and gneisses ; ultrabasic rocks.	
				Intrusive Contact		
Early Proterozoic (Aphebian)	Kaniapisgau Supergroup		Nault formation (Menihek) *	500′–2000′+	Schistose grits, phyllites, quartz-biotite-muscovite-feldspar schists and gneisses ; some with sillimanite, kyanite, hornblende, garnet ; hornblende-garnet amphibolite ; graphitic schists ; migmatites.	
		Gagnon-Wabush group	Wabush iron formation (Sokoman) *	0–1000′	Upper Member	Quartz-iron carbonates rock Quartz-iron silicates and carbonates rock
					Upper and Middle Member	Quartz-specularite schists member Quartz-specularite-magnetite schists Quartz-magnetite-specularite rock Quartz-magnetite-amphiboles-pyroxenes member
					Lower Member	Quartz-iron carbonates – iron silicates schists Quartz-limonite-goethite member Quartz-iron carbonates rock Iron silicates rock (amphiboles, pyroxenes, quartz, magnetite)
			Huguette formation (Ruth) *	0–100′	Quartz-mica-feldspar schist, amphibolite, quartz-iron carbonate, chert, quartz-garnet-graphite-feldspar schist.	
			Wapussakatoo-(Carol) formation (Wishart) *	0–600′	Meta-orthoquartzite, meta-chert, ferruginous quartzite, quartz-sericite-garnet, schist, garnetiferous and carbonaceous quartzite, quartz-muscovite-staurolite-kyanite schist, grit, conglomerate.	
					Local Discontinuity	
			Duley formation (Denault) *	0–700′	Impure dolomite and marble containing quartz, phlogopite, diopside, tremolite, other amphiboles and pyroxenes ; conglomerate.	
			Katsao formation (Attikamagen) *	0–1000′+	Quartz-biotite-muscovite-feldspar schists and gneisses, some with garnet, hornblende, kyanite ; graphitic schists ; migmatites.	
				Unconformity		
Archean			Ashuanipi Complex		Granite and granodioritic gneisses, granite intrusives, orthogneisses and paragneisses, granulites and charnockites.	

* Names in brackets are stratigraphic equivalents in the central Labrador Trough. (After Gill *et al.*, 1937 ; Neal, 1950, 1951 ; Iron Ore Co. of Canada, 1952 ; Duffell and Roach, 1959 ; Gastil and Knowles, 1960 ; Gastil *et al.*, 1960 ; MacDonald, 1960, Seguin, 1960 ; Jackson, 1962 ; Clarke, 1967 ; Knowles, 1967 ; Gross, 1968 ; Dimroth *et al.*, 1970).

; and the metamorphic grade of rador trough rocks a few miles limit.

Stratigraphy

(1950, 1951), Knowles (1955), (1955, 1968), Mumtazuddin Knowles and Gastil (1959), and Knowles (1960), Seguin MacDonald (1960), Klein Guimond (1961), Kranck Campbell (1962), Jackson and many geologists of the Geo- Survey of Canada and the Québec nent of Natural Resources pre- mentioned worked out the strat- . The stratigraphic relationships ıofacies of the southern through and some associated rocks are ed in Table II. Stratigraphic ents in the central Labrador are given.

NIPI COMPLEX

ment rocks exposed north, west, est and beneath the southern part Labrador geosynclinal sequence ıartzo-feldspathic gneisses and d rocks variously banded with mafic minerals. Close to the le front, the granitic gneiss is of kitic composition. These granitic anodioritic gneisses and granite es of early Precambrian age an) include the oldest rocks of the he trough rocks were deposited eat unconformity on the granitic n complex and subsequently and faulted from the northeast. and Roach (1959), Fahrig , Stevenson (1963) and Eade have mapped these rocks for the ical Survey of Canada and Clarke 1968), for the Department of Resources of the Province of . The main rock type is a se rusty weathered, dull grey, fine - to coarse-grained paragneiss containing metasedimentary inclusions, biotite, greasy feldspars and blue-colored quartz eyes. Fresh surface of feldspar are pale green or yellow-green coarse crystals of microcline and sericitized antiperthite. Jackson (1962) reports no hypersthene but Clarke (1968) recognized hypersthene granulites of intermediate to basic composition in the Mount Wright area. The Archean complex suffered retrograde metamorphism in the Grenville Province and the degree of alteration increases to the southeast. Hypersthene partly to completely converted to anthophyllite, uralite, biotite and quartz in the regrograde greenschist zone and partially or totally to biotite, hornblende, garnet and quartz in the amphibolite grade. In the rusty weathered whitish grey gneisses, the pleochroic pale yellow to dark red biotite is older than the pale yellow-brown to dark or reddish brown one partly altered to chlorite. This pseudomorphic chlorite is present as brown to colorless patches which are pleochroic and have birefringence. Banding of the gneisses and inclusions of banded biotite-rich material imply that their derivation originates from predominant sedimentary formations. However, part of the high temperature-high pressure granulite metamorphic facies is composed of igneous rocks. Such a hypersthene granitic rock containing calcic plagioclase, some garnets and rare augite is called charnockite and is characterized by its antiperthic texture. On the basis of the chemical analyses alone (see Table I), it is difficult to differentiate the granitic Ashuanipi complex and the overlying Katsao schist. One characteristic index is, however, useful for that matter. The TiO_2 content of the basement gneiss is quite constant (0.40 – 0.46%) but very variable in the Katsao schist.

KATSAO FORMATION

The contact between the Ashuanipi complex and the trough rocks of the Kaniapiskau strata supergroup is rarely exposed but was easily located with the help of detailed gravimetric surveys (Seguin, 1969a, 1970, 1971a). The average density of the granitic complex is approximately 0.1g/cc larger than the one of the Katsao schist. The Katsao formation is the oldest trough rock recognized in the southern part of the Labrador geosyncline. This formation which is the stratigraphic sequence of the trough rocks is underlain unconformably by the gneisses of the Ashuanipi complex. The contact between the Katsao formation and the overlying Duley and Wapussakatoo (also called Carol quartzite) formations is conformable. This conformable relationship is another reason for including the Katsao formation as part of the late Precambrian (Proterozoic) sequence and not of the basement complex. The Katsao is exposed immediately under the Wapussakatoo where the Duley is absent. The Katsao formation consists of quartz-biotite-muscovite schists and gneisses, garnet - kyanite - biotite - quartz and kyanite-biotite-muscovite-microcline-oligoclase-quartz schists and gneisses, lit-par-lit paragneiss, and migmatites. Biotite is more common than muscovite, garnets are abundant ; feldspars and kyanite are encountered more frequently than hornblende ; actinolite, calcite, retrograde chlorite and graphite are accessory minerals. Quartz may exhibit undulatory extinction and the garnets are sometimes fractured ; the pink garnets and the feldspars are present as medium- to coarse-grained porphyroblasts. The Katsao, Huguette and Nault formations are the principal trough rocks containing feldspars. The rocks are medium-grained, finely to prominently schistose, fissile and commonly porphyroblastic ; boudinage forms are found. The Katsao was an original pelitic assemblage of sandstone, siltstone and shale correlated with the Attikamagen formation of the central Labrador trough. Jackson (1962) estimates its thickness at 1000 feet or more. The kyanite-bearing gneisses are abundant in areas that are undoubtedly Proterozoic but absent in the basement complex to the north and of the metasedimentary sequence ; this is a third reason to include the Katsao in the trough rocks sequence.

The chemical analyses of the Katsao schist (see Table I) compare reasonably well with the results obtained for two chemical analyses of Attikamagen slate originating in the neighbourhood of Schefferville, west central part of the Labrador Trough (Gross, 1951). These analyses yielded 64.43 and 68.72% SiO_2, 0.66 and 0.53% TiO_2, 18.39 and 14.68% Al_2O_3, 2.71 and 2.83% Fe_2O_3, 2.56 and 1.67% FeO, 1.69 and 1.40% MgO, 0% MnO, 0% CaO, 0.80 and 2.02% Na_2O, 4.92 and 4.35% K_2O, 0.3 and 0.1% P_2O_5, 3.75 and 3.58% H_2O, 0.24 and 0.42% H_2O^- and 0% CO_2 and C. Except for a higher FeO/Fe_2O_3 ratio and a higher CaO content, the composition of the Katsao schist is very similar to the one of the Attikamagen Slate. These two exceptions reflect the higher degree of metamorphism as we shall see in another section later on. According to Dr. E. Dimroth (personal communication), the absence of CaO (usually present in the form of calcite) in the Attikamagen formation is rather unusual.

DULEY FORMATION

The Duley lies conformably on the Katsao and interfingers with it (locally lenticular) in other locations where spatially it may rest unconformably on the basement gneisses (Gastil and Knowles, 1960). Local disconformity may separate the Duley from the overlying Wa-

oo formation in several places *al*. 1937 ; Neal, 1951 ; Murphy, In other places, the Duley is ıal with the overlying Wapussa- :he relationships between these nations is one of depositional ıtary) facies nature. The Duley ın thickens in the south and ;tern portion of the depositional ile the Wapussakatoo formation developed in the northwestern The Duley formation is com- ɔf medium- to coarse-grained neta-dolomite and coarse crystal- ;ite marble with minor clusters ;ilicate minerals including color- hs of tremolite and diopside, :races of graphite and iron sul- he impure (siliceous) dolomitic is a distinctly granular light carbonate which is medium- to rained and occasionally banded. rble contains numerous parallel tringers and irregular masses of 'epresenting recrystallized chert ɜred in the original bedding of ault formation to the north and ich it is easily correlated. Brown te is sometimes present along these bands. Gill *et al.* (1937) ;d the Duley marble to be more 0 feet thick. Thicknesses up to t were locally encountered.

ʌKATOO FORMATION

Wapussakatoo directly overlies, mmonly conformably, the Katsao y formations and consists of a , medium- to coarse-grained, ɔccasionnally pale pink or light ɔrthoquartzite containing glassy, ;ing quartz grains up to ⅛" in r derived from an unusually clean ;andstone grit. A few persistent ;licate that it is a metasedimen- ıck but primary sedimentary have been destroyed. The ɜ of rounded zircons clastic pebbles and grain forms imply that the original sedimentary formation was a sandstone and not an amorphous or a microcrystalline chert which was completely recrystallized. Mumtazzudin (1958) subdivised this formation into a thin lower member (30 to 35 feet-thick) containing discontinuous bands of quartz-muscovite almandine and stauralite-kyanite schist, with or without radial tourmaline, a thick (200 feet or more) massive, crystalline, well integrated, brittle, glassy and well jointed orthoquartzite member and a thin (30 to 50 feet thick) upper carbonate-rich orthoquartzite member in which iron oxides may locally occur and which shows a gradational contact with the overlying Wabush-Gagnon iron formation. In other locations, the upper Wapussakatoo member consists of a finely foliated, medium- or coarse-grained schist composed predominantly of white mica (muscovite and sericite), white or glassy quartz (crystals of ¼ to 2mm in diameter), unequigranular and exhibiting undulose extinction. Where sheared, the metaquartzite forms a quartz conglomerate. The orthoquartzite is much thicker (≑ 500 feet) and more common in the western and northwestern part (Wabush region) of the area where it makes up prominent ridges in the Wapussakatoo Mountains which are resistant to erosion. The Wapussakatoo orthoquartzite is easily correlated with the Wishart quartzite in the central Labrador trough. North of Sawbill Lake, the quartzite-arkose Wishart formation is the lowest unit of the Kaniapiskau rocks present and it forms a continuous thin blanket below the iron formation.

A comparison of the chemical analyses of the Wapussakatoo quartzite (see Table I) with the ones of the Wishart quartzite indicates that the latter is much cleaner (contains in average 10% SiO_2 more and less Al_2O_3) than the former

(Seguin, 1963). This characteristic points out to a slightly different sedimentary environment at the time of deposition.

HUGUETTE FORMATION

A quartz-mica-feldspar schist lies conformably but discontinuously (lens-shape) between the Wapussakatoo and Wabush formations in the Wabush Lake – Mount Wright region (Clarke, 1960 ; Gastil and Knowles, 1960 ; Gastil *et al.*, 1960 ; Jackson, 1962 ; Seguin, 1969b). The Huguette formation is thin (0-110 feet) and possesses a very variable mineralogy. Assemblages include : biotite-hornblende amphibolite, quartz-plagioclase - garnet - biotite - hornblende schist, quartz-muscovite-biotite schist, quartz-feldspars (potash-rich) – muscovite-biotite schist. This micaceous rock is highly altered to a sericitic mud in some places. Carbonaceous material and graphite are accessory minerals. The Huguette formation is correlated with the argilaceous sediments of various composition encountered in the Ruth formation of the central Labrador trough. The Huguette formation is a continuous marker horizon between the overlying iron formation and the underlying orthoquartzite west of Huguette Lake (52° 53'N, 67°09'N) and at Heath Lake on the side of the Smallwood deposit. Figure 2 shows the occasionally odd mineralogy and texture of this formation.

The chemical analyses of the Huguette formation (see Table I) are reasonably comparable with the results obtained for two chemical analyses of Ruth slate gathered in the Schefferville area (Gross, 1951). These two analyses yielded 52.35 and 54.84% SiO_2, 1.86 and 0.42% TiO_2, 11.56 and 10.62% Al_2O_3 13.09 and 13.39% Fe_2O_3, 3.98 and 7.50% FeO, 0.09 and 1.79% MgO, 0.15 and 0.02% MnO, 0.34 and 0.52% CaO, 1.32 and 0.15% Na_2O, 4.54 and 3.06% K_2O, 0.25 and 0.11% P_2O_5, 7.34 and 4.46% H_2O^+, 1.33 and 0.97% H_2O^-, 0% CO_2 and 1.78 and 2.18% C. The Huguette and Ruth formations have a lower SiO_2 and Al_2O_3 content than the Katsao and Attikamagen formations. On the other hand, the Huguette and Ruth formations have a higher FeO, H_2O^+ and

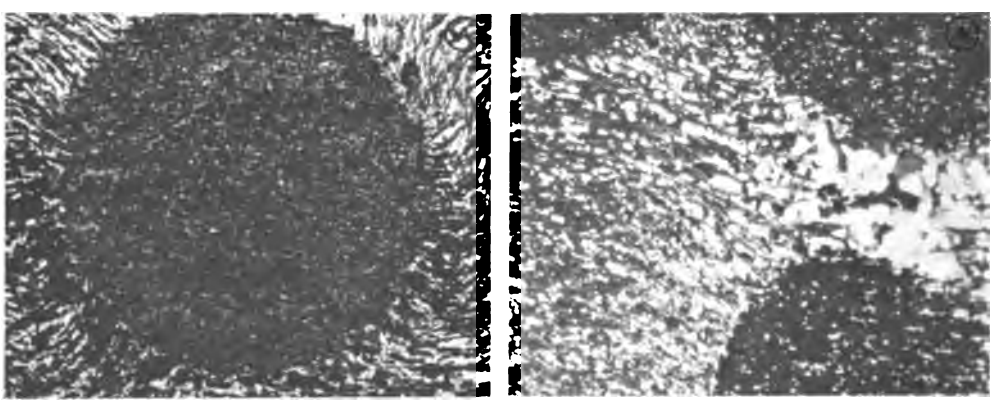


Figure 2. Magnification (X13), crossed nicols : a) Rotated perfectly spherical garnet (spessartite) crystal in a schistose matrix of quartz, feldspars, sericite, muscovite, biotite, graphite and occasional argillaceous material. The garnet contains numerous small inclusions of quartz and micas ; the orientation of the shreds in the groundmass allows one to infer the application on the tangential forces on this rock type. b) Concentration and recrystallization of quartz grains in the zone of relatively higher pressure occupying the restricted space between two adjacent spheroidal garnets.

ıphite) content than the Katsao and magen formations.

SH IRON FORMATION

s is the most widely distributed tion found resting conformably the Katsao, Duley, Wapussakatoo ıguette formations. Rocks and de- of this formation received more ion than any other formation be- of their economic significance. ıtratigraphy within the iron forma- s locally and regionally variable. ınates and iron silicates form the members (Lower Wabush IF) ; the ıxides form the middle and part of ɔper members (middle and bottom ɔf Upper Wabush IF) and finally ɔp part of the Upper Wabush IF ɜts of a quartz-rich rock that exhi- alteration product indicating the ıce of a carbonate iron formation. ɜequence of iron carbonates, sili- and oxides facies exceeds 700 n the Wabush Lake region and to- ıp to 900 feet in a few localities. variations of facies commonly across strike but Clarke (1964) ɔbserved occasional lateral facies tions from oxides to silicates-car- es facies in the Bloom Lake syn- The Wabush iron formation is correlated with the Sokoman iron ıtion occurring north of Sawbill composed mainly of carbonates, silicates, magnetite, hematite and . Relationships between the mem- vary locally (often gradually) and times regionally so that the con- of pre-metamorphic composition ɔrimary sedimentary facies changes e major cause of the internal stra- ɔhic-mineralogic construction of the ormation has been widely accepted though the secondary metamorphic ɜ also played an important role. ing in these rocks undoubtedly re- nts the original sedimentary bed- ding accentuated by metamorphic dif- ferentiation.

Facies members are usually distinctly laminated to thin banded but massive bands up to 10 feet thick are observed, particularly in the quartz-magnetite mem- bers. Facies members grade into each other across sharp contacts and retain their identity across strike. The quartz- carbonates iron formations contain re- crystallized chert and a large variety of carbonates including ferroan dolomite, siderite, ankerite, (∓ manganoan) cal- cite, (∓ calcian) rhodochrosite, magne- site and kutnahorite. Sideroplesite, pis- lomesite and parankerite were reported to occur at rare localities. Common al- teration products are limonite, goethite, pyrolusite and varieties of wad. Traces of graphite are also encountered. The quartz-iron silicates formations consist of chert recrystallized into granular quartz and a large variety of micas, gar- nets, amphiboles and pyroxenes. The most common micas are biotite, musco- vite, phlogopite and an usual emerald green chromium-rich mica identified as fuchsite. The most common garnets identified in this area are almandine, spessartine, andradite and calderite. Many varieties of amphiboles are pre- sent and these include members of the (∓ manganoan) cummingtonite-grune- rite series and of the riebeckite-tremolite series, actinolite, magnesioriebeckite, one or more hornblendes and anthophyl- lite. Among the clino- and orthopy- roxenes observed, members of the aegirine-ferroaugite series, ferrohyper- sthene, eulite, ferrosilite, diopside, he- denbergite, arfvedsonite, acmite, rhodo- nite and a few other rare pyroxenes are often present. Small amounts of gra- phite, pyrite, chlorite (mainly penninite), stilpnomelane, talc, limonite, botryoidal or fibrous goethite and wad are en- countered.

The mineralogy of the Lower Wabush-Gagnon IF is by for more complicated than the one of the silicates-carbonates iron formation (SCIF) of the central part of the Labrador trough in spite of the fact that the average chemical analysis (see Table I) of these equivalent formations is approximately the same. The mineralogy of the SCIF consists of quartz, siderite, magnetite, minnesotaite, stilpnomelane, some chlorite, limonite, and occasional graphite.

The oxide facies consists of quartz-specularite schists, specularite-magnetite schists and quartz-magnetite rocks. The quartz and the iron oxides form a mosaic, in which quartz tends to have a polygonal form with straight line quartz-quartz boundaries and single grain junctions. Undulatory extinction is weak and seldom observed. These two observations imply post-deformational annealing recrystallization. Quartz preceeds the iron oxides in the paragenetic sequence. Bands within the iron oxides contain small carbonate lenses locally leached and the vugs are coated with secondary iron and manganese hydroxides. Magnetite is finer grained than adjacent specularite plates and occasional iron silicates such as anthophyllite, spessartine, rhodonite, calderite, aegirine-augite, riebeckite, tremolite and magnesioriebeckite are oriented parallel to each other and form a lineation in the rocks.

The Lower Wabush-Gagnon iron formation is made up of two members : 1) the quartz-carbonates and 2) the quartz-amphibole(s) and/or pyroxene(s). Generally, the quartz-carbonates member is found below the quartz-amphibole(s)-pyroxene(s) member. Sometimes, only the quartz-carbonate(s) member is present.

On fresh surface the rocks of these *two members are* light beige, buff, pale brown or green in color, fine- to c grained and depict a faint, irregula sometimes discontinuous banding is parallel to the regional mineral tion reflecting the original bec Mumtazzuddin arrives at 70 to 10 for their thickness whereas Knowle Gastil (1959) estimate as much a feet. The contacts between the q carbonates and quartz-amphiboles or pyroxenes schist/gneiss are sionally gradational but generally s the carbonates-iron silicates litho interdigitate. The Lower Wabush-G iron formation grades downward Wapussakatoo or Huguette form as the amphiboles, pyroxenes anc bonates decrease and quartz incr In this gradational zone, the co grained beige to green amphibole spatially replaced by a fine-gr green amphibole.

The silicates iron formation sh greater variety in composition a thology than the other iron form lithofacies. In places, it is apparen a major part of the iron silicates d from carbonates ; iron silicates with magnetite are usually rich i and Na including minerals such a vedsonite, aegirine and hedenb Rocks of the silicates carbonates contain no specular hematite and minor amount of magnetite. There a conformable contact of the Lowe Middle-Upper Wabush-Gagnon iro mation, it is generally sharp anc cernible within a distance of a few The various units composing the n member have no definite stratig position and grade into one anothe along and across strike.

This member may be as thick a feet. Throughout the iron form conformable bands (sills, rare dyk amphibolite having a few inch several hundred of feet in thicknes

r thousands of feet in length are . These amphibolites consist of lende, biotite, quartz, garnet, epi- actinolite, chlorite, fuchsite and nates and have a schistose to sic texture. They are often referred altered gabbros and some if not them are related to the Shabogamo ives (Zodrow, 1967, 1971).

' FORMATION

ɜ Nault consists of mixed assem- s of phyllitic, graphitic, chloritic, y carbonaceous, polymictic grits, and maroon argillite with inter- ɪd pink dolomite containing piso- structures and reddish sandstones ɪ northern portion of the area. The andstones contain angular to sub- ar fragments of quartz, feldspars ocline, perthite, plagioclase), chert, te, muscovite and hematite ; jasper carbonates grains are common. ɪdary sericite and chlorite indicating grade metamorphism are present. lault is correlated with the Nenihek tion in the central trough. The ɪek is composed of a thick succes- of argillites, sandstones, carbona- and graphitic shale-slate, and a 'acke assemblage including a poly- : conglomerate containing granite ers up to one foot in diameter and chert and dolomitic horizons. grey and green argillites, grau- ɪs and other argillaceous rocks been metamorphosed and yielded phyllites composed of fine-grained :, carbonaceous material, musco- chlorite and graphite. These phyl- were granitized to a coarse-grained ɪ schist and gneiss as well as ɪathic schists and gneisses to the east of the biotite isograd. The ɪars are microcline or microcline te ; epidote and chlorite are com- minerals. Muscovite-rich rocks are ɪd from arkosic rocks (grits and conglomerates). Granitized equivalents (gneisses, migmatites and amphibolites of the Nault formation) to the south are difficult to distinguish from the ones of the Katsao formation except that graphite is more widely distributed throughout the Nault. The thickness of the Nault formation was at least 2,000 feet. As it is the case for the Katsao formation, hornblende, garnet, kyanite and occasionally sillimanite are encountered in the Nault.

SHABOGAMO INTRUSIVE ROCKS

Intrusive gabbro forms most prominent hills in the area with the orthoquartzite. Irregular concordant and discordant plutons, batholiths, stocks, plugs, sills and other tabular bodies several miles long and concordant with the regional structural pattern and consisting of gabbro, metagabbro, diorite, related rocks and their metamorphosed derivatives such as amphibolites, gneisses and schists intrude all the sedimentary formations in the district. On the western margin, the gabbro and its derivatives are mostly abundant with the Lower Wabush and to a lesser extent Upper Wabush iron formation although in places there are offshots. The intrusive rocks in the northern portion of the area are more dioritic in composition than those encountered in the Shabogamo-Wabush Lake-Mount Wright area where it is a tpyical feldspathic ophitic gabbro. The relation of olivine gabbro to amphibolite schist/gneiss was examined by Neal (1951), Gross (1955, 1968), Duffell and Roach (1959), Murphy (1960), Fahrig (1960, 1967), Gastil (1960), Gastil and Knowles (1960), Gastil *et al.* (1960), McDonald (1960), Jackson (1962), Lepp *et al.* (1963) and Zodrow (1971) and they concluded from field relationships, petrological and chemical evidence that most if not all of the amphibolites are metamorphic deriv-

atives of the gabbros. Zodrow (1971) supported his conclusions with isotope (Sr^{87}/Sr^{86}) determinations and rare element analysis in the gabbro and amphibolite.

In most cases, the unaltered Shabogamo intrusive consists of a typical olivine gabbro depicting a texture ranging from diabasic and sub-diabasic to ophitic and sub-ophitic. Randomly oriented laths of plagioclase several cms long, primary early magmatic magnetite, ilmenite, minor amount of pleochroic orange-yellow to deep red biotite, spinel, poikilitic olivine, some sulfides, zircon, etc . . . are present. The olivine gabbro is characterized by well-developed corona structure and consists of secondary black, dark green and brown orthopyroxene (augite), hypersthene, pleochroic blue-green to olivine-green hornblendes, epidote, serpentine and/or minor pale yellow to yellow brown biotite, secondary magnetite resulting from segregation product of olivine, subhedral to euhedral quartz, saussuritized plagioclase, tourmaline, hypidiomorphic to idiomorphic garnets, altered orthoclase, sericite, kyanite, iddingsite and limonite developed in the cleavage cracks of the olivine, calcite, siderite, penninite, clinochlore, sphene, muscovite, allanite, diopside and apatite. The corona texture develops preferentially when olivine and magnetite are in direct contact with calcic zoned plagioclases (anorthite and labradorite) crystals (Fig. 3). On well-developed corona texture, no interaction plagioclase-augites or hornblende is observed ; these two last minerals do not show any reaction rims or alterations. The reaction of olivine with the residual magma caused the well-developed corona structures and no reactions between augite and olivine are observed. Secondary or alteration reactions observed are :

1) olivine → cummingtonite + magnetite → hornblende → biotite → hornblende → biotite.

2) olivine → magnetite → hypersthene → biotite → hornblende.

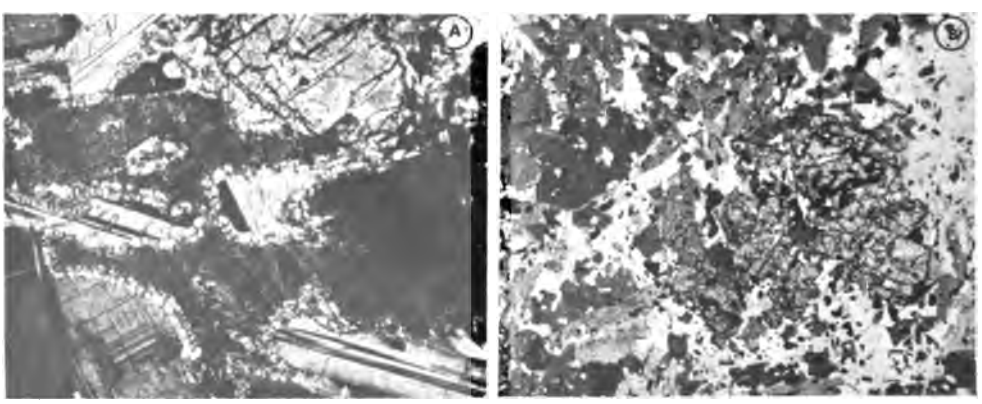


Figure 3. Magnification (X32), single nicol : a) Well developped corona structure at the interface of twinned (Carlsbad and Periclase) and occasionally zoned plagioclase and olivine. The corona is made up of hypersthene, hornblende and some biotite in this relatively fresh olivine gabbro. The plagioclase and olivine do not show corona structures when they are in contact with early magmatic augite crystals. b) Sponge garnet in a typical quartz-garnet-hornblende gneiss (amphibolitized olivine gabbro). The groundmass is composed of quartz, feldspars, amphiboles, biotite, chlorite, little magnetite, ilmenite, some pyroxenes and relicts of olivine. The garnets sometimes occupy the space of ancient coronites.

›livine → hypersthene → magnetite ıypersthene → biotite → hornblende.

›livine → hypersthene → olive n biotite → hornblende → biotite.

hese reactions explain the presence arrow corona of pyroxenes and horn- des around olivine and magnetite- ınite in unsheared relatively fresh ›ros. The original anhydrous igneous ɜral assemblage converted only ly to lower temperature hydrous ses because H_2O necessary for com- ɜ conversion was not available. The ırrence of coronate is thus related ı late magmatic stage deficient in and not al all to a H_2O deficient amorphic event that took place at ated temperatures and occurring ı after the intrusion of the mafic :s.

'he larger intrusive bodies exhibit ly fresh gabbro depicting a very ht degree of alteration. Borders of ɜe bodies most commonly consist of garnetiferous amphibolite, stripped tite schist or hornblende gneiss but nge inward into spotted hornblende- ›xene-feldspar rock that gradually ɜs way to normal coarse-grained gab- or diorite. Thin gabbro sills, borders thick sills and contact zones with ss-cutting white biotite-rich pegma- : dykes, have converted the low- perature mineralogical phases of :s in equilibrium with regional me- orphic conditions. Locally, finer ned, garnetiferous amphibolite is ır than the dark gabbro and is charac- :ed by a well-developed schistose or issic structure. Pink euhedral garnets ı visible coronae around pyroxene. nblende, garnet coronae, randomly ributed biotite and an increasing ıunt of quartz are present in the ındmass. Quartz consists of sub- ral to euhedral, fairly equidimen- ıal crystals which exhibit undulatory extinction. The abundant development of garnet (mainly reddish to pink variety : almandine) metacrysts is characterized by the granoblastic and porphyroblastic textures. Quartz and garnets crystals are often peripheral about plagioclase laths or squeletal outlines of plagioclase crystals. The original feldspar is partly or entirely replaced by fine-grained granular aggregates of feldspar, micro- graphic quartz-feldspar intergrowths or microcrystalline micaceous or argilla- ceous secondary alteration products. Two types of amphiboles are detected ; one is a dark green to brown hornblende which is late magmatic and the other is a later pale green actinolite. Equidimen- sional randomly distributed brown bio- tite flakes are older that the partly chlo- ritized red biotite intergrown with skeletal ilmenite crystals. Small amounts of large altered pyroxene grains are pre- sent and form aggregates of pyroxene and alteration products. In the mafic rocks which have undergone fairly thorough low temperature (greenschist facies) metamorphism, an anomalous blue birefringent chlorite is observed. Epidote, olivine, limonite, muscovite, scapolite, sericite and zircon are en- countered but magnetite is consistently absent. Consequently, the presence of plagioclase, augite, olivine and coronae relicts traceable in many amphibolite schists/gneisses, the development and increase in granoblastic texture at the expense of coronae, diabasic to sub- diabasic and ophitic to sub-ophitic tex- tures, the increase in secondary quartz, amphiboles, garnets, biotite, some limo- nite and epidote are characteristic of the gradation from basic intrusives to amphibolite schist. The absence of mag- netite and the successive destruction of olivine, plagioclase and hypersthene- augite are indicators of the alteration stage of gabbro or diorite. The initial corona texture developed by deuteric

alterations was occasionally maintained (sometimes partly erased) sometimes entirely erased by a chemical alteration process during metamorphism (post-magmatic regional metamorphism). So, in spite of its sheared and foliated appearence most of the amphibolite schists share a genetic nature common to the mafic intrusives.

This assertion is confirmed by the comparison of the chemical analyses (see Table I) of typical olivine gabbros, hornblende-biotite schist, hornblende-biotite-garnet schist and biotite schist. Except for the biotite-amphibole gneiss which has a different composition, all the other rock types have a similar chemical composition and appear to be consanguinous.

As almost all the amphibolite schists derived from the mafic intrusives as well as some definitely recognizable gabbro sills conformable with the metasediments were folded along with them, then sheared and recrystallized, it necessarily implies that the mafic intrusives were emplaced before the Grenville orogeny since they were affected by it (see chapter on age determinations for additional evidences).

GRANITIC INTRUSIVES AND RELATED ACIDIC ROCKS

There are few if any small and no large post-trough granites or related plutonic rocks in the southern part of the trough. Presumed intrusive Sawbill granites cutting trough formations are unexistent. Pegmatitic veins and lenses of various sizes and shapes and formed of coarse-grained mixtures of quartz-muscovite-biotite-albite or oligoclase are found in a few localities. Quartz veins are present throughout the area but are not particularly common especially in and north of the Wabush area where *rare discontinuous* quartz veins containing specularite and/or magnetite occur within the iron formation mainly. In the above mentionad localities at least, pegmatitic quartzose lenses and veins represent migratory material sweated out of the formations at a late metamorphic stage.

Petrography and mineralogy

Mueller (1960) presented 76 spectrographic analyses of iron silicates from Mount Wright area and interpreted their equilibrium relations. Klein (1960, 1964) presented a chemical, optical, and X-Ray study of the cummingtonite-grunerite series, members of which are abundant in the Wabush-Carol iron formation. Kranck (1961) reported 34 silicate analyses from the Mount Reed area and discussed the phase assemblages. Aletan (1961) studied the iron oxides of the Carol Lake area while Chakraborty (1963, 1966) investigated the ferromagnesian silicate minerals in the metamorphosed iron formation of Wabush Lake. Clarke (1964, 1968) described in detail the petrology and structure of an area southwest of the Wabush region. Klein (1966) studied the petrology of the Wabush region with an emphasis on quantitative mineralogy and analysis of phase relations. In his investigations, Klein made 34 wet chemical analyses or electron microprobe analyses of the iron formation and 6 additional electron probe analyses of the underlying pelitic schists. Sharma *et al.* (1965) have reported isotopic ratios in some of the minerals analyzed by Mueller. Butler (1969) collected 47 specimens of the Wabush-Gagnon iron formation in the Gagnon region. 120 partial analyses for Fe, Mn and Ca were done on pyroxenes, amphiboles and carbonates. Kranck (1961), Klein (1965, 1966) and Butler (1969) considered the influence of the degree of mobility (chemical potential) of H_2O, CO_2 and O_2 on phase relations.

reas studied in detail by these
s is shown in Figure 1.

different minerals or mineral
found in the iron formation will
e described. These include quartz,
rbonates group, the iron silicates
i.e. the pyroxenes, the amphiboles,
e iron oxides ; only the metamor-
minerals and not the products
ng from subsequent weathering
idied. Quartz is the most common
minerals observed in the iron for-
. Recrystallized primary chert is a
to a medium-grained, white to
ellow or cream-colored, granular
l concentrated in separate bands
lly continuous and interstitial ;
e and patchy textures are also
ed. Quartz is most abundant as
mensional subhedral grains con-
sometimes grains of magnetite
which intergrowths of carbonates
ecularite are occasionally found.
arbonates which are most com-
encountered are (∓ manganoan)
, ankerite, ferrodolomite, siderite
ht pink rhodochrosite. Carbonates
as anhedral, equant granular fine
dium grains that range from very
blebs to grains that are similar in
nge to the coexisting silicate mine-
hey also occur interstitially to the
grains, as grains contained en-
within large silicate grains, and
trices for silicate grains. Oriented
owths of 2 different species of
ates exhibit irregular patterns,
ar distribution within grains and
range in the proportions of the
from one grain to another. Beige
e occurs only as intergrowths of
ar distribution in calcite. This
does not seem to hold for ferro-
te and siderite. Light yellowish-
ferrodolomite and light brown
are most commonly found in
me assemblage and *concentrated* in segregated bands. White calcite is not very commonly observed with siderite or ferrodolomite.

The amphiboles recognized are end-members of the (± manganoan) cummingtonite-grunerite series, actinolite, tremolite, riebeckite, magnesio-riebeckite and anthophyllite. Grunerite is a light beige or light brown, medium- to coarse-grained and acicular elongated or needle-like mineral generally concentrated in thin bands or as irregular patches in quartz. It is also found in clusters, in discontinuous bands and veinlets or in stringers. Pale green to colorless cummingtonite is hardly visible in hand specimen because its color is almost completely masked by orange-yellow magnesioriebeckite with which it is intergrown ; it may replace ferrohypersthene. Cummingtonite is usually medium- to coarse-grained and acicular. Cummingtonite needles are oriented parallel to the schistosity when the rock is finely banded ; these needles may occur as rosettes, decussate aggregates, whereas compact grains are elongate or blocky prismatic. Klein (1964) calculated the unit cell dimensions and structural formulae of the members of the grunerite-cummingtonite series and measured the optical and physical properties of these minerals. Intergrowths between grunerite-cummingtonite and clinopyroxene is frequent but somewhat less common with orthopyroxene. Cummingtonite, especially the manganoan member is not pleochoic. Actinolite is a dark green, medium– to coarse-grained and acicular mineral. Subhedral actinolite forms somewhat elongated columnar grains and needles that parallel the rock banding and has approximately the same grain size as clinopyroxene (mainly diopside) with which it occurs. Actinolite forms common intergrowths with diopside or replaces it, forming rims around it. The members of the rie-

beckite-tremolite series are dark to light blue-green, coarse-grained, lathlike crystals randomly arranged in clusters in the groundmass. Riebeckite and tremolite form only one phase. The orange-yellow to pale yellow (± manganiferous) magnesioriebeckite is a medium– to coarse-grained amphibole mineral which is not pleochroic. Anthophyllite is a white to light yellow, grey or brown or beige mineral occurring in a fine–, medium–, or coarse-grained subhedral acicular variety found in stellate or radiation groups oriented parallel to the regional foliation or as well lineated thin veneers parallel to the schistosity. Needles of anthophyllite are found in the quartz-specularite schists of the Upper Wabush iron formation where it may form microscopic fibrous inclusions in quartz. Some anthophyllite is altered to talc which shows up as rimmings around anthophyllite needles. Less common to rare amphiboles found in the iron formations are coarse-grained, euhedral bluish crystals of the highly pleochroic arfvedsonite and two dark green to black fine– to medium-grained hornblendes which are both close to the hastingsite member. Their habit is either granular or as short subhedral prismatic grains.

The pyroxenes observed include a) the following orthopyroxenes: ferrohypersthene, eulite, (En_{20} Fs_{80}), ferrosalite and rhodonite, and b) the following clinopyroxenes: dioposide-ferroaugite-hedenbergite, acmite, (± manganoan) aegirine. The pyroxenes are the most abundant and ubiquitous minerals in the iron formation trough rocks of the southern portion of the area studied. Intergrowths are common between grains of ortho– and clinopyroxenes. Light colored and pleochroic ferrohypersthene is the most abundant pyroxene in the southern segment (Gagnon-Mount Reed *region). It is present* as subhedral or elongate, irregularly shaped grains with an average size of 0.5 to 2 mm although a few grains attain a size of 1 cm or more, often containing inclusions of quartz and in places cummingtonite–grunerite. Eulite is a dark brown, medium- to coarse-grained, granular mineral associated with randomly oriented prismatic crystals of grunerite and granular siderite. The dark green ferrosalite is usually medium-grained and granular; it is most often encountered with grunerite and calcite. Rhodonite is a pinkish, fine- to medium-grained, granular orthopyroxene always encountered in the quartz-specularite trough rocks.

Diopside is very uncommon in the iron formation but it is sometimes found in the grunerite-actinolite-calcite-magnetite assemblage where actinolite replaces green, large euhedral crystals of diopside on their periphery. Diopside is more commonly found in the calcium-rich impure marble of the underlying Duley formation. Ferroaugite is a dark red-brown medium-grained granular mineral; it is light brown in thin section. More or less manganese-rich aegirine is medium- to coarse-grained, dark brown in hand specimen, light beige in thin section, granular or subhedral. The pyroxenes which are usually homogeneous and unzoned consist of only one phase; they often have a knotty appearance.

The only iron oxides found are magnetite and specular hematite (specularite). Magnetite is most frequently present as medium- to coarse-grained, equidimensional euhedral octahedra irregularly distributed throughout the groundmass or interstitial to other minerals but also as subhedral grains or in the granular form. Irregularly shaped grains and aggregates of magnetite are intergrown with quartz and iron silicates or form inclusions in other minerals.

pecularite occurs in at least two varieies of texture : a) as a fine- to medium-rained, granular to subhedral equidiiensional greyish black mineral b) as medium- to coarse-grained, bluish 'ey mineral depicting a high reflec-/ity of light, a flashy or platy habit and well developed schistosity and cleave. When the specularite is present der form c) and the specularite conıt is greater than the magnetite conıt, the iron formation becomes more ıistose and well banded. The quartzıgnetite member is generally massive d almost always form the bottom of ı Middle Wabush-Gagnon iron formaın. Specularite and Magnetite are alıst perfectly pure substances ; the mmon elements (Mn, Ti) which ɔstitute to Fe were not detected.

Minerals of low abundance found in ı iron formation are by order of deıasing frequency of occurrence, the cas (mainly biotite and rare muscoe) and the garnets (calderite, spes-'tine, almandine and rare andradite). lderite is present as dark yellowish ɔwn to dark yellow, fine- to mediumıined, granular euhedral to subhedral crystals. Spessartine is present as small grains most often euhedral having a light yellow color. The dark red almandine is very coarse-grained, variable in size and subhedral to euhedral. Minor constituents include chlorite, epidote, spinel, apatite, pyrite, graphite, olivine, microcline, stilpnomelane, minnesotaite, tourmaline, plagioclase and cordierite. At least two types of chlorite, were identified. Penninite is an alteration product of the garnets while the chlorite filling the fractures in the rock or replacing biotite is a light green amorphous to colorless amesite. Epidote is fine- to medium-grained and euhedral. Pyrite form rare small grains irregularly shaped disseminated throughout the rock. Olivine is orange-yellow to reddish and pleochroic ; it alters to humite. Stilpnomelane is present as subhedral plates, disseminated throughout the rocks ; the elongated shreds are oriented parallel to the bedding or the planes of schistosity. Plagioclase and its alteration product are very rare. It occurs as completely intergrown grains with hypersthene in iron silicate bands of the rock. The composition of plagioclase is An_{35}.

TABLE III

$CaO - FeO - Fe_2O_3 - MgO - SiO_2 - CO_2 - H_2O$

1)	QTZ – GRU
2)	QTZ – SID
3)	QTZ – ANK
4)	QTZ – GRU – MAG
5)	QTZ – GRU – CAL
6)	QTZ – GRU – SID
7)	QTZ – FDL – MAG
8)	QTZ – FDL – MAG – PYT
9)	QTZ – FDL – MAG – BIO – (CHL)
10)	QTZ – FDL – GRU – FHY
11)	QTZ – MAG – ACT
12)	QTZ – SPEC – ANT
13)	QTZ – MAG – ACT – CAL
14a)	QTZ – GRU – MAG – CAL
14b)	QTZ – GRU – ACT – MAG – CAL
15)	QTZ – GRU – FER – CAL
16)	QTZ – GRU – EUL – (SID)

17) QTZ – GRU – FHY – FAU – CAL – MAG
18) QTZ – GRU – FHY – FAU – CAL – C
19) QTZ – GRU – FHY – ANK – SID – MAG
20) QTZ – GRU – FHY – ANK – SID – CAL – (C)
21) QTZ – GRU – FAU – CAL – MAG
22) QTZ – GRU – FHY – FAU – MAG
23) QTZ – GRU – FHY – FAU – CAL – SID – (MAG)
24) QTZ – GRU – FHY – FAU – CAL – ANK – (MAG)
25) QTZ – GRU – FHY – FAU – CAL – ANK – (C)
26) QTZ – GRU – FHY – CAL – ANK – MAG
27) QTZ – ACT – FAU – MAG
28) QTZ – ACT – FAU – (CAL) – MAG – SPE
29) QTZ – ACT – FAU – CAL – ANK – MAG – SPE
30) QTZ – ACT – FAU – ANK – MAG – SPE
31) QTZ – (ACT) – FHY – MAG – SPE
32) QTZ – FHY – FAU – CAL – (MAG)
33) QTZ – FHY – FAU – CAL – ANK – (C)
34) QTZ – FHY – (FAU) – (MAG)
35) QTZ – FHY – (FAU) – (MAG)
36) QTZ – FHY – FAU – (C)
37) QTZ – FHY – CAL – (C)
38) GRU – ACT – CAL – MAG
39) GRU – FHY – CAL – MAG
CaO – FeO – Fe_2O_3 – MgO – Al_2O_3 – SiO_2 – CO_2 – H_2O
40) QTZ – GRU – FDL – ALM – MAG
CaO – FeO – Fe_2O_3 – MgO – Al_2O_3 – Na_2O – SiO_2 – H_2O
41) QTZ – RIE – TRE – MAG
FeO – Fe_2O_3 – MgO – MnO – SiO_2 – H_2O
42) QTZ – MCU – SPE
43) QTZ – MCU – MAG – SPE
CaO – FeO – Fe_2O_3 – MgO – MnO – Al_2O_3 – SiO_2 – H_2O
44) QTZ – MCU – SPS – SPE
CaO – FeO – Fe_2O_3 – (MgO) – MnO – SiO_2 – CO_2
45) QTZ – RHD – KUT – CAD – SPE
FeO – Fe_2O_3 – MgO – MnO – (Na_2O) – Al_2O_3) – SiO_2 – H_2O – CO_2
46) QTZ – RIE – TRE – AEG – AUG – CAL
CaO – (FeO) – Fe_2O_3 – MgO – MnO – Na_2O – SiO_2 – H_2O – CO_2
47) RHD – AEG – AUG – RHC – SPE
48) RHD – AEG – CAAD – RHC – SPE

Legend : QTZ = quartz, SID = siderite, ANK = ankerite, GRU = grunerite-cummingtonite, MAG = magnet CAL = calcite, FDL = ferrodolomite, PYT = pyrite, BIO = biotite, CHL = chlorite, FHY = ferrohypersthene, AC actinolite, SPE = specularite, ANT = anthophyllite, FER = ferrosalite, EUL = eulite, FAU = ferroaugite, C = phite, ALM = almandine, RIE = riebeckite, TRE = tremolite, MCU = manganoan cummingtonite, SPS = spessart RHD = rhodonite, KUT = kutnahorite, CAD = calderite, AEG = aegirine, AUG = augite, RHC = rhodocrosite.

Mineralogical assemblages

A mineralogical assemblage is the set of all minerals that have been observed to be in mutual contact. At least 48 such assemblages (see Table III) have been examined and certainly a few more (less frequently encountered) are present in the area investigated. The phase re*lations of the iron formation* are studied in terms of various assemblages minerals, the composition of which (be expressed in the SiO_2 – FeO Fe_2O_3 – MgO – CaO – (MnO) – H – CO_2 – O_2 simplified system. In t case, all the iron formation assembla containing apatite as well as alumin and sodic minerals have been exclud Consequently, assemblages 40, 41,

and 48 are ignored. It is also hy that only 4 assemblages are e (no excess SiO_2) ; two of 7 and 48) were already ignored 2 others are assemblages 38 If MnO which is usually found quantities in most of the rock ages is neglected, then the as- es 42, 43 and 45 may be for- Among the first 37 assemblages emblage 2 belongs to the simple SiO_2 – CO_2 system, asemblages to the FeO – SiO_2 – H_2O system, age 6 to the FeO – SiO_2 – CO_2 system, assemblage 22 to the MgO – SiO_2 – H_2O system, as- e 16 to the FeO – MgO – SiO_2 H_2O system, assemblages 3, 7, 37 to the FeO – MgO – CaO – CO_2 system, assemblages 11, 12, 33 and 34 to the FeO – Fe_2O_3 – CaO, SiO_2 – H_2O system and ssemblages 5, 9, 10, 13, 14a, , 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 28, 29 and 30 to the FeO – MgO – CaO – SiO_2 – CO_2 – stem. Assemblages 35 and 36 and CO_2 free ; assemblage 8 led as sulfur is present in pyrite.

ssemblages show few textural that are indicative of replace- teration or reaction and as such ssemblages are interpreted as um assemblages. Butler (1969) that systematic distribution of and Mn, and systematic variance ontent in GRU, ACT, FHY, FAU -, as dependent on mineral as- es on spatial (field) distribu- evidence for the equilibration ese minerals in each assemblage t uniform metamorphic condi- isted over the Gagnon region as d by the parallellism of the tie the different phase diagrams 1961). Interesting observations

a) absence of specular hematite in cummingtonite-grunerite rocks of the Lower Wabush iron formation ;

b) concentration of magnetite with Mg-rich cummingtonite assemblages and paucity of magnetite with Fe-rich grunerite rocks ;

c) coexistence of specularite of the Middle Wabush iron formation with members of high $\frac{Mg + Mn}{Fe + Mg + Mn}$ in the manganoan cummingtonite series ;

d) the Fe/(Fe + Mg) ratio for coexisting facies of minerals involving ortho- and clinopyroxene and GRU are little affected by a relatively high abundance of Mn even though the Mn/(Fe + Mg + Ca) ratio shows a relative increase from the Wabush Lake southward to the Gagnon region indicating a progressive increment in the thermometamorphic grade ;

e) the Fe/(Fe + Mg) ratio in the GRU – FAU assemblages show little spatial variation whereas this same ratio show a great range in the FAU – FHY assemblages ;

f) cmmingtonite has a higher Mg/Fe ratio than the coexisting FHY ;

g) phases higher in Ca have a higher MgO/FeO ratio ;

h) the rarity of garnet and aluminosilicates such as feldspars (anthophyllite is occasionally present) indicates that Al_2O_3 is an uncommon component in the iron formation ;

i) in assemblages QTZ – GRU – FHY – CAL – (FAU), the Mg/(Mg + Fe) ratio is higher in Ca-rich phases than in the coexisting Fe-Mg phases, such assemblages have the narrowest ranges of Ca content. In assemblages with higher Ca content, cummingtonite has a higher Mg/(Mg + Fe) ratio than coexisting FAU. Intergrowths of cummingtonite and FAU suggest that GRU formed at the expense of FAU and some FHY by retro-

grade metamorphism. On the other hand, actinolites of the Lac Aubertin West have greater Ca contents and Fe/(Mg + Fe) than actinolites of Mount Reed (Butler, 1969) ;

j) Fe/(Mg + Fe) ratios of FDL – ANK and magnesite – siderite are high in conformity with high Fe/(Mg + Fe) in the coexisting FHY ;

k) the solubility gap between FHY and FAU is 43 mole % ;

l) in low alkali amphiboles, the range of miscibility of CaO and FeO/MgO is approximately 12 mole %.

Some exceptional mineral assemblages do not represent equilibrium conditions ; these include a few FHY – FAU pairs, slightly more Mg-rich commingtonites than coexisting FHY in Fe-rich assemblages particularly and the coexistence of low-temperature carbonates (SID and FDL) with high-temperature Mg-rich FHY and FAU. Such compositional differences (mainly in the Ca-Mg – Fe system) suggest differences in metamorphic conditions.

Petrogenesis

The source of the metamorphic iron silicates is the hydrous iron silicates and carbonates easily recognized in the iron formation north of the area investigated. Seguin (1963) and Dimoth (1968) investigated the sedimentary textures, the diagenesis and the sedimentary environment of the ironstones of the central part of the Labrador trough. The iron silicates, oxides, quartz and chert as well as the carbonates are the only constituents of the ironstones. The iron silicates include minnesotaite, greenalite, chamosite, stilpnomelane and chlorite (aphrosiderite) ; the iron oxides are magnetite, hematite, goethite, pyrolusite and some amorphous manganese oxides ; *the carbonates are* ferrodolomite, siderite and calcite. Minnesotaite occurs as needles forming radiating sheaves, fine-grained or spherulitic aggregates, acicular crystals or diagenetic reconstruction of greenalite. Greenalite is found in granules, in the groundmass of chert or siderite granules, in thin laminae or as a microscopic dust in chert granules and laminae. Chamosite is found as a fine-grained material making up the matrix of cherty-magnetite rocks, an essential constituent of fine-grained cherty-magnetite formations or as a microscopic dust in ironstones containing chert, magnetite and siderite. Stilpnomelane occurs as fine-grained crypto-crystalline masses in granular textures in the groundmass, or as a late vein, coarsely crystalline mineral. Chlorite (variety: aphrosiderite) is a very rare mineral occurring in granules of fragments of conglomeratic horizons or in the groundmass of this conglomerate where it is sheared. Magnetite is principally present as medium to large euhedral crystals in all lithofacies of the iron formation. Sometimes it is more abundant in the granules than in the groundmass of the granular rocks, but this relationship does not always hold. Magnetite often shows a tendency to crystallize at the perimeter of the granules. At least a first generation of hematite consists of a very fine-grained hematitic dust present in ovoids, oolites and pisolites or in the groundmass of the banded jaspilitic rocks as fine streaky lamination. Geothite, pyrolusite and other varieties of wad are secondary alteration products. Quartz and its microcrystalline variety, chert, are the most abundant constituents of the iron formation. The microcrystalline matrix and cement chert recrystallized first to chalcedony with fibres or radial textures perpendicular to the lensoid granules of chert or other constituents. Individual rounded anhedral quartz grains are also common in laminated matrix

. Siderite occurs as a microcrys- ɜ to fine-grained constituent mixed chert and iron silicates, very fine- ɜd aggregates originating from em- ıic oolites of siderite in a more y groundmass, a coarser-grained, stallized constituent of some gran- ɔhase of the iron formation forming ıblasts, granoblastic aggregates, and ıorphic or xenomorphic porphy- sts. Concretionary siderite masses ɔmmon in the cores of the granules. ı Mn generally substitute to Fe in omposition of siderite. Contrary to ıte, ferrodolomite is coarsely crys- ɜ ; it occurs as continuous thin ae, is associated with siderite or ; distinct bands which are coarser ɜd than the rest of the carbonates ɜ rock. Calcite is found, as coarse- ɜd nodules, as a coarsely crystalline ituent in the silicate-carbonate or as stylilites, solution sutures veinlets in the silicate-carbonate or nate-oxide rocks. Minnesotaite is a morphic product of a primary iron te ; magnetite is mainly a replace- product of siderite forming rhom- ıral rings around siderite idioblasts gh a diagenetic or metamorphic ıss, while a very small amount of xtremely fine-grained hematite dust treaky hematite in lamination is ıry ; all hematite of other nature is agenetic product. The very fine- ɜd anhedral crystal of quartz cons- ıg the bedded cherts of the iron ıtion is a recrystallization product n hydrous amorphous substance. ı of the siderite present in the iron ıtion is a very fine-grained, amor- ; – looking material and is primary the coarsely crystalline siderite is o recrystallization in the diagenetic onment after it underwent solution ts. Ferrodolomite is a metamorphic or diagenetic product while calcite e to solution effects *with later* re-deposition by circulating solutions in the course of diagenesis. Greenalite is a very fine-grained amorphous – looking mineral occasionally recrystallized in the diagenetic environment ; most of it is primary. Most of the brown very fine-grained amorphous – looking and uncommon stilpnomelane is primary. Chamosite and chlorite particularly encountered in the grauwackes or the carbonaceous lean cherts where they are constituents of the granules or the groundmass of the rocks are most commonly primary amorphous – looking substances.

Shrinkage cracks indicate that the oolites were composed of a hydrated material, and their deformation shows that they were soft when deposited implying that they were originally composed of silicagel and hematite or iron hydroxide ; the three principal types of precipitated particles are fine-grained siderite ooze, iron silicate ooze and silicagel containing iron oxide hydrate on the shell surface. The iron oxides formations were deposited under oxidizing conditions, and the iron silicate-carbonate formations under reducing conditions. The primary constituents are thus chert (SiO_2), siderite ($(Fe_{0.93}\ Mn_{0.07})\ CO_3$), greenalite ($(Fe^{++},Mg)_{6-x}\ Fe^{+++}_x\ Si_4O_{11+x}\ (OH_{6-x}\cdot H_2O)$, stilpnomelane ($(K, Na,Ca)_{0-1}\ (Fe^{++}\ Mg,\ Al,\ Fe^{+++})_{7.8}\cdot Si_8O_{23-24}\ (OH)_4.\ (2\text{-}4)H_2O$), chamosite ($[Si_2Al_2O_{10}(OH)_2]\ (Fe^{++}{}_4Al_2)\ (OH)_6$) and aphrosilerite ($(Mg,Fe^{++})_{4.4}\ (Al, Fe^{+++})_{1.5}\ Si_{2.6}Al_{1.4}O_{10}\ (OH)_8$). The paucity of stilpnomelane, chamosite and aphrosiderite reflects the quasi – absence of Al_2O_3 and the alkalies (K and Na) in the iron formation. As the formula of minnesotaite is $(Fe^{++}, Mg)_{22.3}\ (Al, Fe^{+++})_{1.4}\ Si_{30.4}O_{74}\ (OH)_{22}$, it has mainly developed by dehydration of greenalite (GRE) through the reaction :

greenalite + quartz = minnesotaite +

water (SID CO_2 – free) (1). Petrographic evidence indicates at least one more process of formation of minnesotaite (MIN) by reaction of siderite with chert and a process of decarbonation : 48 siderite + 61 quartz + 22 water = 2 minnesotaite + 48 CO_2 (greenalite – free) (2).

Two other reactions are greenalite + CO_2 = siderite + minnesotaite + water (quartz – free) (3) and greenalite + CO_2 = siderite + quartz + water (minnesotaite – free) (4). The third reaction is now unlikely since depletion in CO_2 in the system would be required at higher temperature to form this assemblage but the fourth reaction is of prime importance (Seguin, 1971). These 3 last reactions occurred in the field of the subgreenschist to greenschist metamorphic facies. At higher temperature, i.e. in the field of the amphibolite facies, minnesotaite disappears and forms grunerite. In the upper greenschist facies, the reaction of decomposition (Fig. 4) takes place : minnesotaite = grunerite + quartz + water (SID – free) (5). In the amphibolite

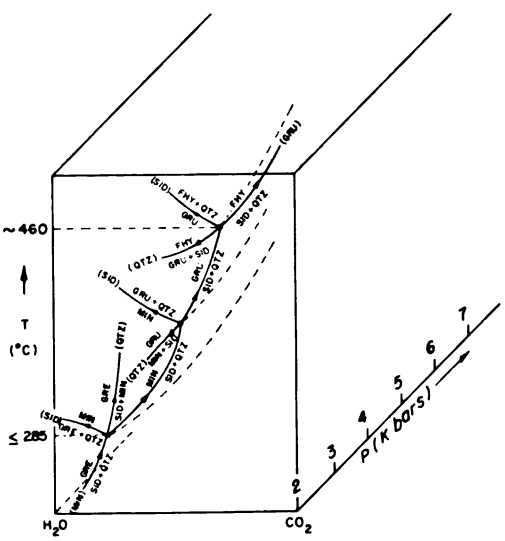


Figure 4. Graphical representation of the phase relationship and mineral assemblages of the FeO – Fe_2O_3 – SiO_2 – CO_2 – H_2O system *in function of temperature* and pressure.

facies, the reaction of decomposition minnesotaite = siderite + grunerite + CO_2 + water (quartz – free) (6). Two other reactions are : siderite + quartz + water = grunerite + CO_2 (minnesotaite – free) (7) and siderite + quartz + water = minnesotaite + CO_2 (grunerite – free) (8). The last equation is equivalent to (degenerate into) the second reaction involving the process of decarbonation in the field of the greenschist facies. In the greenschist, sub-amphibolite facies and at relatively high CO_2/H_2O values, reaction (6) takes place. At slightly higher temperature in the sub-amphibolite facies and at lower CO_2/H_2O ratios, reaction (5) occurs. Finally, at still higher temperature in the amphibolite facies and at higher CO_2/H_2O values, reaction (7) is the right one. This implies a progressive increase in the CO_2/H_2O ratio when the metamorphism grades from sub-greenschist to sub-amphibolite facies, internal buffering of H_2O since adjacent assemblages like GRE – QTZ – MIN, SID – MIN – GRE, SID – QTZ – MIN were formed at the expense of a SID – QTZ – GRE original assemblage and attempts to change the $\frac{H_2O}{CO_2}$ ratio was compensated by the different chemical composition of the solid end-products of the differing assemblages resulting. In this fashion, very little H_2O and CO_2 escaped and the system was closed to H_2O and CO_2 in the stability field of the sub-greenchist, greenschist and sub-amphibolite metamorphic grade.

Similarly, a MIN – QTZ-rich rock of the greenschist facies will have variable temperature of decomposition to GRU from place to place depending on the environment where CO_2 gas is present ; this decomposition will take place at lower temperature in presence of SID than in pure H_2O, depending on the composition of the volatile phase (H_2O/

CO_2 ratio) in equilibrium with SID and GRU. The same applies to the decomposition of GRU to FHY. There again, with a progressive CO_2/H_2O increase, the metamorphism grades from sub-amphibolite to sub-granulite facies. Adjacent assemblages like GRU – MIN – SID, GRU – MIN – QTZ and GRU – QTZ – SID formed at the expense of the SID – QTZ – MIN asemblage of the sub-greenschist facies. As assemblages GRU – MIN – SID and GRU – MIN – QTZ are extremely rare in spite of the fact that metamorphism was spatially gradational, this means that the CO_2/H_2O ratio was sufficiently high to maintain the decomposition reaction in the QTZ– SID – MIN field and past the invariant point in the QTZ – GRU – SID field. This indicates that internal buffering of CO_2 was efficient. On the other hand, as the Mg/Fe + Mg ratio of coexisting grunerite and actinolite is in equilibrium, it implies that the buffering of H_2O is as effective as the one of CO_2 and SiO_2.

In the upper-amphibole facies, the reaction of decomposition is grunerite = ferrohypersthene + quartz + water (SID-free) (9). In the granulite facies, the reaction of decomposition is : grunerite + siderite = ferrohypersthene + CO_2 + water (quartz – free) (10). Two additional reactions are : siderite + quartz = ferrohypersthene + CO_2 (grunerite and H_2O – free) (11) and siderite + quartz + water = grunerite + CO_2 (ferrohypersthene – free) (12). The last equation (12) is equivalent to (degenerate into) reaction (7) involving the process of decarbonation in the field of the amphibolite facies. In the amphibolite, sub-granulite facies and at lower CO_2/H_2O values, reaction (10) takes place. This is a rather uncommon assemblage encountered in the Wabush-Mount Wright region ; only traces of siderite are observed in this assemblage and this means that little FHY formed through the combined process of dehydration of GRU and decarbonation and none by the single dehydration process of GRU through equation (9). This means that the CO_2/H_2O ratio was very high and that reaction (11) is by for the dominant one. This explains why the assemblage SID – QTZ is unknown in the granulite facies of Gagnon-Mount Reed region where the SID – FHY – QTZ assemblage is common. As the assemblage QTZ – FHY was not observed, it means that CO_2 buffering was efficient up to the granulite facies ; this is also the case for SiO_2 whereas H_2O buffering became inefficient at the boundary of the upper – amphibolite, granulite facies and then the system became open to the H_2O volatile component (mobile). In the central part of the Labrador trough, the temperature in the vicinity of the first invariant point was found to be approximately 285°C at a pressure of 2 Kbars from experimental data (Seguin, 1971). The stability of siderite in the presence of a buffer quartz-magnetite-fayalite was established experimentally at 370°C for a pressure of 2 Kbars. As fayalite is a low-temperature equivalent pyroxene for ferrohypersthene, a minimum temperature of 400°C can be retained for the region in the vicinity of the upper invariant point. On the other hand, the univariant equilibrium curve : SID + MAG + C + Gas passes through the points : 465°C at 2000 bars (French, 1970). As the f O_2 is not any larger than 10^{-24} bar and as graphite is not observed with magnetite, a maximum temperature of 465°C at 2000 bars and of the order of 500°C at 8000 bars existed. The temperature obtained is a minimum value for these other reasons :

a) At high Fe/Fe + Mg ratios, the assemblages are stable at lower temperature than for assemblages having a relatively higher Mg content ;

b) the incorporation of minor to major amounts of alkalies (Na, K), Mn and same Al in Fe_2O_3-rich assemblages. Na and Mn -rich iron-silicates reflect the physico-chemical conditions at the time of deposition of the sedimentary facies (precipitation in an highly oxidizing environment) ;

c) the pressure conditions at the time of metamorphism were larger and less uniform than the ones controlled in the laboratory experiments.

In Gibb's phase rule, the variance is the number of intensive variables that can be changed independently without producing either the dissappearance of a phase or the appearance of a new phase, a phase representing an independently variable component of an assemblage. A buffered (inactive) volatile component of an assemblage of phases may be varied in content as well as the content of other components at constant pressure and temperature with resultant changes in the proportion (only) of these phases, but without alteration of the intensive properties of any of the phases. As mentioned previously, any set of independently variable components of a mineral assemblage is buffered for CO_2 and H_2O up to the amphibolite facies and for CO_2 up to the granulite facies and consequently the mineral composition are fixed for a given pressure and temperature. In addition, any movement of O_2 was sufficiently restricted to prevent the buffering capacity from being exceeded by elimination of either pure magnetite or specular hematite ; in fact, the variations of O_2 in such assemblages merely changes the proportion of magnetite and specularite without altering the intensive properties of any of the phases in the entire assemblage. The limited mobility (absence of O_2 gradient) *during the regional* metamorphism is thus well illustrated by the association of magnetite and specuralite in the iron formation and by the presence of graphite in magnetite-free calcite-bearing iron formation. Consequently O_2 behaved as an immobile (inert) component in a perfectly closed system in the iron-oxide and in the silicate-oxide members of the iron formation. The partial reaction of quartz and siderite to form grunerite and ferrohypersthene indicates that the system was partially open to CO_2 which is able to leave the system in the field of the upper-amphibolite, granulite facies. Below this metamorphic grade and above it in quartz-siderite assemblages where no traces of reaction between quartz and siderite are observed in large sections of the iron formation, the CO_2 component was not free to diffuse out and behaved as inert (immobile) component in a perfectly closed system. The partial reaction of quartz and greenalite to form minnesotaite, minnesotaite to form grunerite and quartz and grunerite to form ferrohypersethene + quartz all require a process of dehydration during progressive metamorphism. At least above the greenschist facies, H_2O was already partially open to H_2O and it became more and more open as the metamorphic grade progressed from the greenschist to the granulite facies. Even in the sub-granulite and amphibolite facies, the system may be locally closed and in this case the activity of H_2O is fixed by the minerals which are in equilibrium at the composition of the assemblage. In such a system, the activity of H_2O changes abruptly in localities where changes in bulk composition produce changes in mineral composition. Chemical potential differences (activity gradients) of H_2O were observed by Kranck (1961) and Butler (1969) over short distances in a few localities. Large local and/or reversed activity gradients indicate that the H_2O component did not travel (diffuse) far (closed sys-

whereas small continuous activity ents over relatively large area imply g-distance diffusion (open system). oth types of activity gradients of were observed but the second type re general, it can be concluded that ystem was mainly open to H_2O but ionally locally closed.

summary, it is most likely that O_2 ot diffuse in any of the metamor- facies indicating that the activity remained constant and that it is mined by the original sedimentary nbleges and not by its metamorphic y. This is supported by the high – + and Mn content characteristic of iding state and conditions of high ty in Na – rich iron and manganese tes (amphiboles and pyroxenes) as- ted with the QTZ – SPE – (MAG) nblages which represent initial sedi- ary conditions. Below the upper- ibolite facies, CO_2 is best dealt as an inert (immobile) component closed system. In the upper-am- lite and granulite metamorphic , the iron formation was mainly d and partly locally open to CO_2. e the greenschist facies, H_2O may eated as a mobile component dif- g freely through the iron formation to H_2O). Locally, the system may osed to H_2O in the upper-amphibolite s. Diffusion of volatiles (CO_2 and into or out of the iron formation m while metamorphic reactions taking place has required the pres- of a chemical potential gradient and vement of the vapor phase (super- al fluid). Below the greenschist s, granules and intergranular diffu- (short distance displacement) and/ ovement of a volatile phase (long- nce displacement in the pores of ock towards regions of lower pres- were rather inefficient mechanisms emoval of H_2O and CO_2 since both were buffered components in a closed system. Above this metamorphic grade, H_2O becomes a relatively mobile component diffusing slowly across the banding of the iron formation and more rapidly along the banding ; in this direction the movement of H_2O vapor becomes efficient. Above the amphibolite facies, H_2O is an almost perfectly mobile component diffusing rapidly across and along the banding and depicting a rapid dehydration flowing parallel to the banding and very slowly across, whereas CO_2 which was previously inert becomes slightly mobile, diffuses slowly across the bedding and relatively faster along it, depicting a slow process of decarbonation with direction of flow parallel to the bedding. In the granulite metamorphic grade, a similar mechanism of removal of CO_2 is accelerated. When the volatile phase moved through the iron formation, the reactions were sporadic and incomplete and various parts of the rock remained closed to the movement of the volatiles. Conditions of pressure and temperatures have been arrived at in the Wabush-Mount Wright and Gagnon-Mount Reed regions. At Bloom Lake (Gagnon-Mount Reed region), a value for the isotopic fractionation of oxygen between magnetite and quartz (Sharma *et al.*, 1965) indicates a temperature of equilibrium of approximately 600°C. In the same region, occurrences of assemblages : dolomite-ankerite and magnesite-siderite with quartz indicate that the maximum temperature must be considerably less than 600°C. The distribution of Fe^{++} and Mg^{++} between M_1 and M_2 sites in orthopyroxenes of the Gagnon area (Saxena and Ghose, 1971) gives a curve falling on an isotherm at 500°C. The stable assemblage : quartz-plagioclase-biotite-garnet-kyanite underlying the iron formation in the same area, the stability of anthophyllite in the iron formation and the presence of musco-

vite in the Carol-Wapussakatoo quartzite and of granitic migmatites which are the products of partial melting of pelitic rocks indicate a maximum temperature of 700°C and an average temperature of 600°C (Butler, 1969). In the Wabush-Mount Wright region, Klein (1966) established that the metamorphic grade of the iron formation is equivalent to that of the kyanite-staurolite-muscovite zone in pelitic schists. A quantitative estimate of the pressure and temperature conditions during metamorphism was obtained from experimental studies with Al_2SiO_5, muscovite and granite. From sparseness of quartz veins, Klein concluded that the granite melting curve was not exceeded and that the temperature was smaller than 600°C. The pressure must have been in the stability field of kyanite and thus between 6 and 10 Kbars. Studies of the Fe^{++}, Mg^{++} and (Mn^{++}) distribution in garnets (Miyashiro, 1953), between coexisting garnet and clinopyroxene (Saxena, 1968), between coexisting biotite, garnet and cordierite (Saxena and Hollander, 1969), or between coexisting garnet, staurolite and biotite (Hietanen, 1969) in rocks of varying metamorphic grade are also useful tools in geothermometry. Seven partial chemical analyses for Mg^{++}, Fe^{++} and Mn^{++} in coexisting garnets and biotites of hornblende-garnet-biotite schists and gneisses of the Wabush area yielded Mg/Fe^{++} values ranging from 0.071 to 0.112 for garnets and 0.59 and 0.74 for biotites. As the cluster of the values is centered around 0.08 and 0.67 for garnets and biotites respectively, the K_D(Mg/Fe) (gar/bi) = 0.119 and the corresponding temperature of metamorphism is of the order of 550°C using Hietanen's correlation values.

Structural analysis

Coarse-grained metamorphosed iron *oxide ore deposits* located south of the biotite isograd and which form the raw material for the operations of IOCC, WIO and QCM occur in steeply plunging (nosing) anticlines and especially in synclines overturned to the west or the north with two intersecting axes of folding implying that there has been cross-folding or two periods of folding. Kranck (1959) pointed out that cross folds can develop contemporaneously in beds of different competencies during folding. However field observations (Gross, 1955 ; Gastil and Knowles, 1960 ; Klein, 1960 ; Jackson, 1962 and Clarke, 1964) prove that different fold directions are not contemparaneous but formed during separated periods. The tectonic style of the southern segment of the Labrador trough resulted from moderate to intense plastic flow.

Hamilton (1967) made a detailed structural analysis of the south and north knolls of the iron formation syncline of Smallwood Mine. He collected over one thousand attitude determinations and divided the twenty two area into 16 domains. His structural synthesis indicates that one deformation is related to an almost NS axial trend striking between 350° and 020° ; west of the central part of Wabush Lake, the axes of the folds are closer to north whereas north and south of the area, the regional tectonic trend is 020°. The other generation of folds generally trends in the direction 040° to 060°. One or the other axial trace is generally predominant in a particular local district. Hamilton's results (1967) permit to conclude that in the Smallwood mine area, the two fold axes do not merely intersect or transect but are superimposed on one another.

Hamilton (1967) also investigated the structural patterns in adjacent areas and in particular the Carol West, Wabush #6 and Mile #2 areas. In the Carol West area, the strike of bedding and foliation

orms to two principal directions apart. In the Wabush #6 area, a prominent easterly striking foliation insected or truncated by a more pro- nt easterly dipping foliation which es almost due north. In the Mile area, an older axis of folding is ited in the approximate north-south tion and these folds were refolded t on east-west axis. From this large unt of information, Hamilton (1967) luded that at least three episodes olding were present. The first epi- of folding produced a series of the axes of which have on east- trend. The second episode of fold- produced relatively tight folds with n-south axial traces. The earliest , trending east were largely obli- ed during this second period of ng. The third and latest episode of ng either generated folds with axial s trending 035° to 065° or warped re-existing folds to conform to this l. The superposition of three fold rations resulted in a complex map rn. In each episode, the deforming s acted along different directions.

owles (1967) established the geo- ic relationships between the fabric ents (foliation, banding lamination, tion, crenulations) of the Julienne deposit. He extended his study to egional structural setting of a 350 re mile area which was divided into arge subareas or domains. He exam- the structural relationships between and small scale folds with differ- trends and interpretated the results rms of orogenic events.

owles (1967) concluded that the nne deposit is an overturned syn- containing smaller folds oriented ormal to the axis of the syncline. ll concordant folds whose axes are llel to the lineation are easily ex- ed, but another *set of folds* (dis- cordant) whose axes are oriented at a high angle with respect to the lineation are not as readily understood. However, it was established that the lineation is superimposed upon the discordant fold forms. In order to determine whether or not these two fold sets are related to each other in space and time, the deposit was divided into 4 domains for examination of fabric geometry. Analysis of fabric orientations indicates that the south to southeast plunging linear fabric elements conform with the small scale concordant folds whose axial traces trend north to northwest. The southeast plunging fold set is superposed upon the foliation surfaces of the larger, northeast trending syncline and this accounts for the linear to arcuate pattern.

The regional distribution of Labrador trough formations outlines a large scale, early northeasterly trending subisoclinal fold system that is present throughout much of the southwestern extension of the Labrador trough in the Grenvillle Province. The prevailing trends throughout the area are northerly, northeasterly and easterly ; most dips are moderate to the east, southeast or south as a result of the overturned character of the northeast trending fold system having subhorizontal axes. The southeast plunging folds are superposed by the larger northeast trending fold system. In a large part of the area, the southeast trending fold system has diagonally superposed upon the northeast trending fold system. In a smaller part of the area, the two fold systems are normal to each other and in that case they have been significantly reoriented during the superposed deformation by passive flow mechanism. The early northeast trending fold system is structurally correlated with the northwest trending, Hudsonian fold system in the central Labrador trough. The structures, both early and superposed, are basically continuous

along the northeast trending Grenville front zone which is about 4 miles wide.

Knowles (1967) concluded that the déformation associated with regional metamorphism in the Grenville Province in the Wabush Lake produced a fold system of regional extent trending northwest approximately normal to the northwest edge of the province and that the structures and metamorphism were regionally superimposed upon the rocks of the Labrador trough, and their basement. The geology of the area which is severely folded shows very little direct evidence of thrust or normal faulting. Regional aerial magnetics were available to the writer (Seguin, 1968b, 1969c) to help interpretation. Detailed ground magnetic surveys (Seguin, 1971c, 1971d) were used to correlate specific mineralogic-stratigraphic bands (trends) of the iron formation sub-members with the magnetic patterns (highs and lows) along the length of deposits for long distances. The analysis of aero – and ground magnetic and to a lesser extent gravimetric data was particularly useful to outline changes of trend of the formations and consequently the different patterns of folding and/or fault zones. A semi-quantitative interpretation of the magnetic and gravimetric results allowed a determination of the different axial planes as well as average dips of the flanks of anticlinal and synclinal structures.

Metamorphic history

Rocks of the northwestern part of the area (Superior Province) were last intensely deformed during the Kenoran orogeny and are Archean in age (K/Ar $\doteqdot -2.40 \times 10^9$ years). The gneissic rocks on the northeast of the area (Churchill Province) were last midly to severely deformed during the Hudsonian *orogeny (K/Ar* $\doteqdot -1.65 \times 10^9$ years) and consist of the Kaniapiskau supergroup deposited during the early Proterozoic (Aphebian). Rocks in the south and south east consist chiefly of the Kaniapiskau supergroup strata (Aphebian) that were last deformed during the Grenville orogeny (K/Ar $\doteqdot -9.50 \times 10^8$ years). Thus, at least three periods of metamorphism are encountered in the area. The grade of last (Grenville) metamorphism increases gradually from the low greenschist facies (phyllites and low grade schists) north of Sawbill Lake and of the Grenville front to a high greenschist facies (quartz – albite – muscovite – chlorite sub-facies) near Sawbill Lake, then rapidly to the almandine – amphibolite facies in the Wabush Lake area, and finally the granulite facies south of Mount Wright and in the southwestern region (Lac Jeannine area). The metamorphism is characterized by isochemical recrystallisation and extreme

Figure 5. Magnification (X13) — Plane nicol : Microscopic fold in quartz-feldspar (zoned oligoclase, An_{17}) — epidote-biotite-(chlorite) gneiss. The feldspars show a preferred orientation ; the epidote is idioblastic. The fact that the flakes of biotite are practically not bent and that quartz shows no undulatory extinction indicates that dynamometamorphism took place before thermometamorphism (annealing process).

ening of the grain. The lack of : strain shadows or carbonate de- tion lamellae in the highly de- d metasedimentary rocks implies high temperature persisted after nation ceased (Fig. 5). All the oxides recrystallized with or later quartz. In zones of intense de- tion, some of the specularite mi- l, injected and replaced quartz, cing veins of specularite up to 1 hick. All evidence indicates that resent chemical composition of the ctive iron formation facies cor- nds closely to those of the primary ientary facies.

enty miles southwest of Sawbill the rocks are phyllitic and schistose he iron formation is recrystallized. chert yielded quartz and the amor- iron oxides crystalline hematite nagnetite. Thirty to thirty-five miles west of Sawbill Lake, in the Wa- Lake area, the grade of metamor- has increased ; the iron formation ins pyroxenes and amphiboles ; the are coarse-grained, micaceous and in platy specular hematite. In most ie areas investigated within the ville metamorphic province, the minerals are found in the iron ition, however, the variation in rel- abundance of amphiboles and py- es characterizes the metamorphic . Amphiboles are more abundant Wabush Lake and Mount Wright, pyroxenes are predominant silicates iron formation of the Gagnon re- resulting from more intense me- phism. In all cases, the chemical neralogical composition of the iron ition closely represents its primary osition. In the rocks of the low schist metamorphic facies, pre- tion of graded bedding, cross- ng, ripple marks, oolites, fossils, s, pillows or fragmental structures ecognized and *tops may be deter-* mined. The mild metamorphism in the central western part of the trough is evidenced by enlargment of detrital quartz grains, metamorphic development of minnesotaite, partial recrystallization of chert and the formation of slates.

North and west of Wabush-Julienne – Shabogamo lakes, the high green- schist metamorphic grade becomes non uniform and patchy towards the biotite isograd indicated by Fahrig (1967). Variations are due to a combination of chemical and lithologic character within the formations, structural relationships, presence or effects of basement rocks, time, and to a certain extent a purely geographic change in the intensity of the metamorphic processes. Recrystal- lized quartzite, fine grained, chloritic schists as well as phyllitic rocks occur in several places. In two iron formation deposits, SiO_2 is present as distinctly granular quartz while the hematite is fine-grained in addition to the usual coarse-grained specular variety. Small remnants of red-blue jaspillite also occur. The almandine – amphibolite rock meta- morphism is approximately uniform along the lentgh of the district Mount Wright and Wabush, Julienne and Shabogamo Lakes.

The metamorphism is more or less isochemical, excepting the alkali meta- somatism responsible for the granitic gneisses and migmatite which are gran- itized trough rocks. The retrograde ef- fects of the regional metamorphism appear in rocks of the Ashuanipi com- plex and the Shabogamo intrusives. The increasing metamorphic grade is ex- pressed by increased grain size, re- placement of marble by calcium-rich silicate gneiss. Finally, the appearance of kyanite and sillimanite (sillimanite isograd), the presence of granulites and the rapidly increasing development of pyroxenes in the silicate iron formation

is characteristic of the very high metamorphic grade in the southern most part of the Labrador trough. The variation in metamorphic grade from north to south which is accompanied by an increase in structural complexity is a result of the influence of the Grenville orogeny. The most radical change in metamorphic grade between the southern and central trough rocks and in particular the iron formation occurs roughly at the location of the biotite isograd. Gross (1955, 1961), Klein (1960, 1966), Mueller (1958, 1960), Kranck (1961), Jackson (1962), Clarke (1964, 1968) concluded that metamorphic processes operated in a virtually closed system in which the resultant mineralogy was largely specified by the chemical composition of the rocks present. Sedimentary facies changes, limited sedimentary distribution, or unconformities account for the regionally variable stratigraphic relationships. The metasedimentary succession of the Wabush Lake – Mount Wright and Mount Reed – Gagnonville regions are traced both to the north and northwest (Roscoe, 1957; Fahrig, 1960; Wynne-Edwards, 1960, 1961; Frarey, 1961) into areas of less intense metamorphism and to regions where the sediments which have been undisturbed, are still flat-lying and lie upon Archean gneisses. In these areas, the stratigraphic succession is the same as to the west of Wabush Lake and in the Mount Wright, Mount Reed and Lac Jeannine regions where intense tectonism and metamorphism have obliterated all primary depositional features that were present in the meta-sediments. Although complicated, the stratigraphic succession has been established from the results of deep and extensive diamond drilling, surface geological mapping, and by lithological correlation of less disturbed rocks to the north and northeast of the area.

Tectonism

The writer distinguishes three basic types of tectonic movements which may have caused appreciable deformation of the strata :

1) Oscillatory movements that cause enormous structural uplifts by upwarping and downwarping the Earth's crust.

2) Orogenic (folding) movements with resulting crumpled strata, folds and plastic deformation of the Earth's crust.

3) Rupturing movements producing cracks or fractures in the Earth's crust along with relative displacements of crustal blocks (e.g. plate tectonics).

The author believes that geosynclines formed by oscillatory movements and implies that folding cannot have been produced by horizontal compression of the geosynclinal area as a result of pressure applied form the outside. The oscillatory movements affecting the Earth's crust during a tectonic cycle may have larger or smaller amplitudes, smaller aplitudes being restricted by the platfomrs, larger amplitudes characterizing geosynclines. Succession and repetition of these oscillatory movements are not regular ; their rate and locations differed in various parts of the planet. Different rates are the reason for simultaneous existence of the whole diversified geotectonic condition, and structural patterns over the surface of the Earth. The Labrador orthogeosyncline has many counterparts in the world, notably the orogenic belt of the Sveccofennides with its enormous iron deposits in the Baltic Shield (Sweden and Finland). The age of the Sveccofennian orogeny is $-1.7 * 10^9$ to $-1.8 * 10^9$ years thus approximately coinciding with the age of the Labrador geosyncline ($-1.6 * 10^9$ to $-1.7 * 10^9$ years).

The Labrador geosyncline, as many other geosynclines, represented an initial

c weakness in the Earth's crust. on of the geosyncline is linked ıirogenetic movements, i.e. slow ɜnce with mild negative (basins) ›sitive (uplifts) areas. Thus, in a v basin was deposited a first of argillaceous (clastic) sediments ng from the uplifted eastern half Labrador Peninsula. Limestones if this series terminate the first ›f the oscillatory cycle.

second cycle of oscillatory move- started with the deposition of a anket of lean beach sand and the shment a new level of erosion. ›urce area's relief became lower, ɜa transgressed southward and :al sedimentation began. Gradual ɜnce is accompanied by chemical tion of iron silicates and carbon- ith chert. The Eh and pH conditions envirionment are different of the ncountered in the first cycle. With pearance of mild reducing condi- n the areas of undisturbed water shallow encroaching sea, ferrous ‹ides were deposited. As for the tional environment, Eh and pH ıd to oxidizing conditions ; ferric were deposited. Lateral, longitu- and vertical gradual changes of cies reflect mainly the variation sico-chemical conditions across or the basin of deposition. This was ɜd by the deposition of a second of shaly sediments and at a later y the intrusion of the Shabogamo -diorite complex with associated sills and plugs.

ɜn this depositional phase termi- the final oscillatory cycle began. ıajor orogeny (Hudsonian) with panied thrusting, buckling and ı, took place approximately 1.65 years ago. As a result of this a new level of erosion was estab- and large scale *denudation* began. Later in the geological history, the third and last orogeny (Greenville, -950 * 10^6 years) affected only the southern extension of the geosyncline and metamorphosed thermally the trough formations as far north as the Sawbill and Ossokmanuan Lakes area. Thus, the subsidence and vertical oscillatory movements of the Earth's crust can be used to describe the origin of the very complex folding of the Labrador geosyncline.

Age determinations

Evidence from detailed structural studies and isotopic ages determinations indicate that the mafic intrusives are pre-metamorphic or synmetamorphic to the regional dynamothermal Hudsonian orogeny. Zodrow (1971) arrived at a minimum age for biotite in the amphibolite schist of –1.05 * 10^9 years (Rb/Sr) and for biotite in the olivine gabbro of 1.60 * 10^9 years (Rb/Sr). In this study, the samples gathered between longitudes : 66°56'47''W and 67°00'29''W on latitude 53°02'03''N were suitable for both hornblende and biotite concentrates. A typical hornblende-biotite (+ garnet) schist sampled in a band of altered gabbro forming the burm of the southern end of Smallwood Mine gave a minimum age for biotite of –(944 ± 34) * 10^6 years (K/Ar) and –925 * 10^6 years (Rb/Sr) and for hornblende of – (909 ± 38) * 10^6 years (K/Ar) and –929 * 10^6 years (Rb/Sr). Slightly further west, close to the east shore of Carol Lake, a granulitic hornblende-biotite (+ garnet) gneiss on the borders of a large sill of coarse-grained fresh olivine gabbro gave a minimum age for hornblende of –(1200 ± 46) * 10^6 years (K/Ar) and –916 * 10^6 years (Rb/Sr). A summary of the results of the analyses is presented in Table IV. A quartz-muscovite-biotite schist belonging to the Katsao formation sampled close to the Wabush townsite yielded an age of –9.97 * 10^8 years

TABLE IV

Sample No.	*Mineral*	*Rb (ppm)*	*Sr (ppm)*	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	*Rb-Sr Age (m.y.)*	*K-Ar Age (m.y.)*	** *Initial* $^{87}Sr/^{86}Sr$
12-2	Biotite	272.9	20.14	39.23	1.2366		2245	
						916		0.7048
12-2	Hornblende	5.111	46.65	0.317	0.7091		1200	
16	Biotite	306.2	9.096	97.46	2.0433		944	
						927		0.7066
16	Hornblende	4.644	45.75	0.294	0.7106		910	

* Biotite-hornblende Age.

** $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio of biotite-hornblende pair at the quoted Rb-Sr age of thepair.

Sample 12-2 is a granulitic hornblende-biotite gneiss. This slightly gneissic, granular rock consists of green hornblende (50%), granular feldspar and quartz (30%), brown biotite (15%), apatite, garnet, opaque iron oxides and sphene.

Sample 16 is an hornblende biotite schist composed of fresh straw to green hornblende (40%), fresh orange-brown biotite (15%), plagioclase, quartz, apatite, iron ore grains, altered sphene, carbonates and garnets. Many of the biotite flakes contain pleochroic haloes around tiny inclusions.

Analyst: Dr. R.K. Wanless, Geological Survey of Canada.

(K/Ar) for muscovite and of –1.050 * 10^9 years for biotite. As the Katsao gneiss of this area was definitely affected by the Grenville orogeny: – (0.997 – 1.050 * 10^9 years), it is evident from the coinciding ages (0.909 – 0.944 * 10^9 years), that the altered Shabogamo intrusive (amphibolite) was also affected by the Grenville orogeny and thus the gabbro is older. Ages of the gneiss originating from a less altered gabbro are less concordant but an average age of –1.70 * 10^9 years is arrived at, meaning that the emplacement of the mafic intrusions occurred prior or contemporarily to the Hudsonian orogeny.

Synopsis

The stratigraphy established in the southern sector of the Labrador trough is sufficiently well known to work out the sedimentary evolution of this part of the trough. After a long period of erosion of the basement granite gneiss, the rapid development of a deep basin took place and a pelitic assemblage of *sandstone, siltstone* and shale (now Katsao schist) was deposited in the subsiding geosyncline. As the Duley marble lies conformably on the Katsao formation and interfingers with it, it means that the subsidence stopped or slowed down substantially and that the basin was almost completely filled since the carbonates were deposited in a shallow environment. However, if any uplift existed in the region, it was relatively mild as no erosional unconformity was observed between the underlying shale and the carbonate. A sandstone (Wapussakatoo quartzite) overlies, most commonly conformably, the Katsao or Duley formations. As this very clean sandstone is characteristic of near surface or onshore deposition, it suggests that the basin was practically filled at that period of the cycle. The presence of the overlying lenticular graphitic shale (Huguette formation) suggests small local subsidences in the shallow sea. The change in the type of sedimentation from clastic to chemical as ascertained by the presence of the iron formations indicates that the kind and concentration of the dissolved

›unds in the basin, the Eh and pH :ions and so on, changed very y. This was followed by a new of subsidence responsible for the ition of a thick sequence of gra- shale (Nault schist).

› first orogeny (Hudsonian orogeny) ɜsponsible for a first generation of trending almost north-south. The ıorphism accompanying this tecto- :tivity was mild and most of the al sedimentary features remained. this first tectonic activity, renewed lence took place and local invasion sea was responsible for the depo- of shallow water sediments. The formation (polymictic conglome- ıngular chert, argillaceous material, ne, red sandstone) in the Muriel ırea and the Evening Lake quartzite ›roducts of this post-Hudsonian l of sedimentation. Cross-bedding tes that the source of the Sims :s was situated in the western of the Labrador trough.

› intrusives (batholiths, plugs, sills) ic and ultrabasic rocks encountered ; area are related to the late phases Hudsonian orogeny since they cut cks of the Kaniapiskau Supergroup ll as rocks of the Sims formation. ıtest tectonic disturbance affecting ɜgion was the Grenville Orogeny. fects were great. The folds gen- l by this last cycle trend in a ion lying between 35° and 65° NE. position of these folds upon the :isting structures led to complex and basin patterns. The Grenville ıorphism is characteriszed by iso- cal recrystallisation and extreme ɜning of the grains in the rock. The s of the rock types indicate that :emperatures persisted after defor- ı ceased, i.e. thermometamorphism 'ed dynamometamorphism.

Mineral facies of metamorphic rocks varies across the area ; therefore conditions of temperature and pressure were variable in space and time.

Acknowledgments

The author thanks Dr. R.K. Wanless of the Geological Survey of Canada for the great help given in the age determinations obtained in his own radio-isotope laboratory in Ottawa and in the isochron laboratory at Université Laval during his stay for the academic year 1970-71. Many of the ideas presented in this paper resulted from numerous fruitful discussions, particularly with Dr. E. Dimroth of the Department of Natural Resources, Québec, Drs. F.C. Taylor, W.F. Fahrig, R.F. Emslie, G.D. Jackson, J.A. Donaldson and G.A. Gross of the Geological Survey of Canada, Dr. P.J. Clarke formerly with the Geology Department, Quebec Cartier Mining, Port Cartier, P.Q., Dr. C. Klein of the Department of Geology, Harvard University, U.S.A., as well as Dr. R. Béland and R. Laurent of Université Laval. I also wish to acknowledge the management and staff of different exploration or mining companies and in particular Labrador Mining and Exploration Co., Canadian Javelin Co., Iron Ore Company of Canada, Quebec Cartier Mining and Wabush Iron Ore who kindly furnished regional and local geologic and geophysical information in their respective regions. Last but not least, the author is very grateful to Dr. H.J. Greenwood of the Department of Geology at the University of British Columbia for invaluable discussions on phase diagrams and thermodynamical considerations of the metamorphic assemblages. This work was supported through grants A-1111 and A-1511 from the National Research Council of Canada and grant G.S. 30-68 (1969-1970) of the Geological Survey of Canada.

References

ALETAN, G., 1961. Microscopical examination of ten samples of iron ore from the Carol Lake area. Internal report MS-61-85, Mineral Sciences Division, Department of Mines and Technical Surveys, Mines Branch, Ottawa, 10 p.

BUTLER, P. Jr., 1969. Mineral compositions and equilibria in the metamorphosed iron formation of the Gagnon Region, Quebec, Canada. J. Petrology, 10 (1) : 56-101.

CAMBELL, W.A., 1962. Summary of the regional geology of the Wabush Lake area, Labrador, Newfoundland. Unpubl. Pap. Iron Ore Company of Canada, 20 p.

CHAKRABORTY, K.L., 1963. Relationship of anthophyllite, cummingtonite and manganocummingtonite in the metamorphosed Wabush iron-formation, Labrador. *Can. Mineralogist*, 7, pt. 5.

CHAKRABORTY, K.L., 1966. Ferromagnesian silicate minerals in the metamorphosed iron-formation of Wabush Lake and adjacent areas, Newfoundland and Quebec. *Bull. geol. Surv. Can.*, 143.

CLARKE, P.J., 1960. Preliminary report on the Normanville area. Prelim. Rep. Dept. Mines, Québ., No. 413.

CLARKE, P.J., 1961. Preliminary report on Gras Lake area. Prelim. Rep. Dept. Mines, Québ., No. 491.

CLARKE, P.J., 1964. Geology in the vicinity of the Grenville front, Mount Wright district, Québec. Unpublished Ph.D. Thesis, University of Manitoba, Winnipeg.

CLARKE, P.J., 1965. Geology of the Silicates Lake area. Prelim. Rep. Dep. Nat. Resources, Québ., No. 539.

CLARKE, P.J., 1967. Gras Lake-Félix Lake area, Saguenay County. *Geol. Rep. Québ. Prov.*, No. 129, 61 pp.

CLARKE, P.J., 1968. Basement gneisses in the Mount Wright-Mount Reed area, Québec. *Proc. geol. Ass. Can.*, 19 : 22-30.

CLARKE, P.J., 1970. Geology of the Mount Reed - Lac Jeannine area. Prelim. Rep. Dep. Nat. Resources, Québ.

DIMROTH, E., 1968. Sedimentary textures, diagenesis, and sedimentary environment of certain Precambrian ironstones. *Neues Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 130 (3) : 247-274.

DIMROTH, E., W.R.A. BARAGAR, R. BERGERON, and G.D. JACKSON, 1970. The filling of the Circum-Ungava geosyncline. In Symposium on Basins and Geosynclines of the Canadian Shields edited by A.J. Baer, p. 45-142.

DUFFEL, S., and R.A. ROACH, 1959. Mount Wright, Quebec-Newfoundland. *Geol. Surv. Can. Map. 6-1959.*

EADE, K.E., 1966. Fort George River and Kaniapiskau River (west half) map-areas, New Québec. *Mem. Geol. Surv. Canada*, No. 339, 84 pp.

FAHRIG, W.F., 1960. Shabogamo Lake, Newfoundland and Québec. *Geol. Surv. Pap. Can.* 60-9.

FAHRIG, W.F., 1967. Shabogamo Lake Map-Area, Newfoundland - Labrador and Québec, 23GE½. *Mem. Geol. Surv. Can.*, No. 354, 23 p.

FRAREY, M.J., 1961. Menihek Lakes, Québec and Newfoundland. *Geol. Surv. Can. Map.* 1087A.

FRENCH, B.M., 1970. Stability relations of siderite ($FeCO_3$), determined in controlled – O_2 atmospheres. Goddard Space Flight Center, Report No. : X-644-70-102, March, 61 pp. Greenbelt, Maryland, U.S.A.

GASTIL, R.G., 1960. Continents and mobile belts in the light of mineral dating. *Int. Geol. Congr. 21rst*, Part. 9, p. 162-169.

GASTIL, G., R. BLAIS, D.M. KNOWLES and R.M. BERGERON, 1960. The Labrador geosyncline. *Int. Geol. Congr.* XXI. Session (Part IX), p. 21-38.

GASTIL, G. and D.M. KNOWLES, 1960. Geology of the Wabush Lake Area, southwestern Labrador and eastern Québec, Canada. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 71 : 1243-1254.

GILL, J.E., BANNERMAN, H.M. and C. TOLMAN, 1937. Wapussakatoo Mountains, Labrador. *Bull. Geol. Soc.*, 48 : 567-586.

GROSS, G.A., 1951. A comparative study of three slate formations in the Ferriman Series in the Labrador Trough. Unpublished M.A. thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 118 pp.

GROSS, G.A., 1955. The metamorphic rocks of the Mount Wright and Matonipi Lake areas of Quebec. Ph.D. Thesis, Univer. of Wisconsin.

GROSS, G.A., 1961. Iron formations and the Labrador geosyncline. *Geol. Surv. Pap. Can.*, 60-30, 7 p.

GROSS, G.A., 1965. Geology of iron deposits in Canada : Vol. 1, General geology and evaluation of iron deposits. *Geol. Surv. Canada*, Econ. *Geol. Rep.*, No. 22.

GROSS, G.A., 1968. Geology of iron deposits in Canada, Vol. III. Iron ranges of the Labrador Geosyncline. *Geol. Surv. Canada, Econ. Geol. Rep.*, No. 22.

GUIMOND, R., 1961. The Quebec Cartier Mining Company ; Pre-Cambrian Mining in Canada ; April, 44 pp.

HAMILTON, C.G., 1967. Structures in the Wabush formation west of Wabush Lake with special reference to the Smallwood Mine. M.Sc. Thesis, Carleton Univ., Ottawa, Ontario, 82 p.

HIETANEN, A., 1969. Distribution of Fe and Mg between garnet, staurolite, and biotite in aluminium-rich schist on various metamorphic zones north of the Idaho batholith. *Am. J. Sci.*, 267 : 422-456.

JACKSON, G., 1962. The geology of the Neal (Virot) Lake Area, West of Wabush Lake, with special reference to the Iron deposits. Unpublished Ph.D. Thesis, McGill University, Montreal, 337 p.

KLEIN, C., Jr., 1960. Detailed study of the amphiboles and associated minerals in the Wabush iron formation, Labrador. Unpublished M.Sc. Thesis, McGill University, Montreal, 68 p.

KLEIN, C., Jr., 1964. Cummingtonite-grunerite series : a chemical, optical and x-ray study. *Am. Miner.* 49 : 963-982.

KLEIN, C., Jr., 1965. Mineralogy and Petrology of the Wabush iron formation, Labrador City area, Newfoundland. Ph.D. thesis, Harvard Univ., 154 p.

KLEIN, C., Jr., 1966. Mineralogy and petrology of the metamorphosed Wabush iron formation, Southwestern Labrador. *J. Petrology* 7 (2) : 246-305.

KNOWLES, K.M., 1955. Geology and petrology of the Wabush Lake iron formation. Unpublished M.Sc. Thesis, Michigan College of Mining Technology.

KNOWLES, D.M., and G.R. GASTIL, 1959. Metamorphosed iron formation in southwestern Labrador. *Bull. Trans. Can. Inst. Mining. Met.* 62 : 265-272.

KNOWLES, D.M., 1967. The structural geology of Labrador Trough formations in the Grenville Province, Wabush Lake Area, Labrador. Unpublished Ph.D. Thesis, Columbia University, 190 p.

KRANCK, S.H., 1959. Chemical petrology of metamorphic iron formations and associated rocks in the Mount Reed area in Northern Quebec. Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, U.S.A.

KRANCK, S.H., 1961. A study of phase equilibria in a metamorphic iron formation. *J. Petrology*, 2 ((2) : 137-184.

LEPP, H., S.S. GOLDICH, and R.W. KISTLER, 1963. A Grenville cross section from Port Cartier to Mount Reed, Quebec, Canada. *Am. J. Sci.*, 261 : 693-712.

LOW, A.P., 1897. Report on explorations in the Labrador Peninsula along East Main, Koksoak, Hamilton, Manicuagan, and portions of other rivers in 1892, 1893, 1894, 1895. *Ann. Rep. Geol. Surv. Can.*, 1895.

MacDONALD, R. D., 1960. Iron deposits of Wabush Lake. *Mining Engineering*, 12 : 1098-1102.

MacKEAN, B.E., 1959. Preliminary report on Mount Reed area. MMS of Quebec Dep. Natural Ressources.

MIYASHIRO, A., 1953. Calcium-poor garnet in relation to metamorphism. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 4 : 179-208.

MUELLER, R.F., 1958. Chemical petrology of a metamorphosed iron formation (abstract). *Bull. Geol. Soc. Am.*, 69.

MUELLER, R.F., 1960. Compositional characteristics and equilibrium relations in mineral assemblages of a metamorphosed iron formation. *Am. J. Sci.*, 258 : 449-497.

MUMTAZUDDIN, M., 1958. Geology of the Area Between Carol Lake and Wabush Lake, Labrador. Unpublished M. Sc. Thesis, McGill University, Montreal.

MURPHY, D.L., 1959. Preliminary report on Mount Wright area. Prelim. Rep. Dep. Mines, Qué., No 380.

MURPHY, D.L., 1960. Preliminary report on the Carheil and Le Gentilhomme Lake area. Prelim. Rep. Dep. Mines, Québ., No 412.

MURPHY, D.L., 1961. Precambrian geology of the Lake Carheil area, Saguenay Electoral District, Quebec. Ph.D. thesis, University of Michigan, U.S.A.

NEAL, H.E., 1950. Geology of the Duley-Wabush Lake area, Labrador. Iron Ore Company of Canada, Company Report.

NEAL, H.E., 1951. Wabush Lake-Shabogamo Lake area, Labrador, Iron Ore Company of Canada, private report.

PHILLIPS, L.S., 1959. Preliminary report on Tuttle Lake area. Prelim. Rep. Dep. Mines, Québ., No 377.

PHILLIPS, L.S., 1959. Preliminary report on Peppler Lake area (east half). Prelim. Rep. Dep. Mines, Québ., No 401.

ROSCOE, S.M., 1957. Cambrian Lake (east half), Quebec. *Geol. Surv. Pap. Can.*, 57-6.

SAXENA, S.K., 1968. Distribution of iron and magnesium between coexisting garnet and clinopyroxene in rocks of varying metamorphic grade. *Am. Miner.*, 53 : 2018-2024.

SAXENA, S.K., and N.B. HOLLANDER, 1969. Distribution of iron and magnesium in coexisting biotite, garnet and cordierite. *Am. J. Sci.*, 267 : 210-216.

SAXENA, S.K., and S. GHOSE, 1971. Mg^{2+} – Fe^{2+} order-disorder and the thermodynamics of the orthopyroxene crystalline solution. *Am. Miner*, 56 : 532-559.

SEGUIN, M.K., 1960. Travaux préliminaires de cartographie géologique pour la firme Quebec Cartier Mining dans les régions de Lac Barbel (Gagnon-ville), Lac Blough, Rocky (Margaret) Lake, Peppler Lake, Mount Reed, Fire Lake et Mount Wright. Essai de B.Sc., travail de fin d'études, Université de Montréal, Canada.

SEGUIN, M.K., 1963. The geology of Knob Lake Ridge, Schefferville, Quebec. M.Sc. Thesis, McGill University, Montreal, Que. 192 pp., unpublished.

SEGUIN, M.K., 1968a. The Fe–C–O–S+ (H_2O) system : Part I. Experimental results. *Naturaliste Can.*, 95 : 1195-1215.

SEGUIN, M.K., 1968b. Geophysical surveys in the Sawbill-Carol-Wabush-Mount Wright area. Internal report to IOCC, December, 16th, 1968.

SEGUIN, M.K., 1969a. Preliminary interpretation of the gravimetric and ground magnetic surveys of the regional line established in the Lake Montenon-Carol Lake — Wabush Lake area. Open file report to IOCC, August 20th 1969.

SEGUIN, M.K., 1969b. Megascopic description of the structure and composition of rock samples collected in the Carol-Wabush Lakes *area. Open file* report to IOCC, August 29th, *1969.*

SEGUIN, M.K., 1969c. The quantitative interpretation of prominent aeromagnetic anomalies in the Carol Lake area (Maps : Wabush-Sheet No: 306W and Shabogamo-Sheet No: 316W). Open file report to IOCC, August 13th, 1969.

SEGUIN, M.K., 1970. Final interpretation of the gravimetric and magnetic surveys of the regional line (section 424+00). Open file report to IOCC, July 5th, 1970.

SEGUIN, M.K., 1971a. Addendum to the interpretation of the gravimetric and magnetic surveys of the regional line (section 424+00). Open file report to IOCC, August 21st, 1971.

SEGUIN, M.K., 1971b. Phase relations in the Fe–C–O–S–H_2O system and its geological application. *Chemical Geology*, 7 : 5-18.

SEGUIN, M.K., 1971c. Quantitative interpretation of the ground magnetic surveys in the Lorraine #1 and Carol East (Humphrey North Mine) deposits. Internal report to IOCC, August 12th, 1971.

SEGUIN, M.K., 1971d. Interpretation of detailed gravity surveys conducted on the Carol East and Lorraine #1 deposits during the summer of 1971. Internal report to IOCC, August 18th, 1971.

SHARMA, T., MUELLER, R.F., and R.N. CLAYTON, 1965. O^{18}/O^{16} ratios of minerals from the iron formations of Quebec. *J. Geol.*, 73 : 664-667.

SINCLAIR, A.J., 1960. Preliminary report on the Georget Lake area (east half). Prelim. Rep. Dep. Natural Resources, Québ., No 414.

SINCLAIR, A.J., 1961. Preliminary report of Peppler and Cailletau Lakes area. Prelim. Rep. Dep. Natural Resources, Québ., No 451.

STEVENSON, I.M., 1963. Lac Bazil, Quebec. *Geol. Surv. Can.*, 62-37.

WYNNE-EDWARDS, H.R., 1960. Michikamau Lake (west half), Quebec-Newfoundland. *Geol. Surv. Can. Map* 2-1960.

WYNNE-EDWARDS, H.R., 1961. Ossokmanuan Lake (west half), Newfoundland. *Geol. Surv. Can. Map* 17-1961.

ZODROW, E.L., 1967. Relationship of olivine gabbro and amphibolite schist at Carol West, Labrador Geosyncline. Internal report to the Iron Ore Company of Canada, 32 p.

ZODROW, E.L., 1971. Relationship of olivine gabbro and amphibolite schist at Carol West, Labrador Geosyncline. *Geol. Rdsch.*, 60 : 1264-1284.

COMMUNCATION BRÈVE

MODIFICATIONS OF THE PELVIC COMPLEX IN NINESPINE STICKLEBACKS, *PUNGITIUS PUNGITIUS* (L), OF EASTERN CANADA AND THE NORTH-WEST TERRITORIES

Brian W. COAD
Department of Biology, University of Ottawa, Ottawa, K1N 6N5

A recent paper by Nelson (1971) examined modifications of the pelvic complex in ninespine sticklebacks, *Pungitius pungitius* (L.), of Wood Buffalo National Park, Canada and south-western Ireland. Several populations were characterised by complete loss of the pelvic fins and pelvis while others also contained individuals with a fully developed complex and various intermediate conditions.

Examination of 3,819 specimens of *P. pungitius* from provinces of eastern Canada and the North-West Territories revealed a total of 54 individuals with modifications of the pelvic complex (Table I). Specimens were similar to those figured by Nelson (1971 : 713). All but one of the samples examined were from the National Museum of Canada, Ottawa (NMC) and a list of the samples is on file at the museum.

The frequency of abnormal specimens varied from 0.17-4.22%, mean 2.08%, and complete absence of the pelvic complex was rare and found in specimens from only two sites. It is possible that the majority of populations of the ninespine stickleback contain individuals with a modified complex but at a low frequency so that they are seldom observed in small samples. The frequency of modified individuals may only rise to higher levels when conditions associated with the adaptive significance of the pelvic complex change.

The function of the pelvic complex appears to be twofold. The pelvis forms a support for the pelvic spines which are utilised in defence against predators and, during the breeding season in male fish, as a signalling device for leading females to the nest (Wilz, 1970). The loss of this structure is therefore of primary importance to the fish and deviates from the norm would seem to be at a selective disadvantage. It has been suggested that only populations with a reduced « predator load » may be able to maintain a high proportion of individuals without a pelvic complex.

A possible measure of predator load is pelvic spine length which should be greater in populations more exposed to predators. Coad and Power (MS 1973) have found this to be true for populations of the threespine stickleback in Québec. Samples of the ninespine stickleback with a known frequency of modified individuals were examined for left pelvic spine length. Spine length was measured to the nearest 0.1 mm from the bony tip to the socket of each spine and was adjusted to an arbitrary universal standard length of 40 mm to eliminate variation due to the size of

TABLEAU I

Types of pelvic complex modification in *P. pungitius* populations of eastern Canada and the North-West Territories

Sample sites	*Number examined*	*% with modification*	*% lacking complex*	*Complex absent*	*Reduced spine*	*Complex remnants ± spine*	*Complex remnants only*
Newfoundland : White Bight NMC 67-177, 51°36'N 55°53'W	72	1.39	0	—	—	1	—
Québec : Matamek River 50°22'N 65°54'W	1091	4.22	0.92	10	1	6	30
P.E.I. : Bordon, Prince Co. NMC 59-290, 46°15'N 63°40'W	32	3.13	0	—	—	1	—
Manitoba : Near Portage La Prairie NMC 61-197, 50°11'N 98°18'W	84	1.19	1.19	1	—	—	—
North-West Territories McConnell River, NMC 61-226 NMC 61-228 60°50'N 94°25'W	588	0.17	0	—	—	—	1
Frustration Bay, NMC 60-109 69°06'N 79°11'W	22	4.55	0	—	1	—	—
Nettiling Lake, Baffin Island NMC 67-150, 66°30'N 70°40'W	66	1.52	0	—	1	—	—
Bernard Harbour, NMC 58-72 NMC 58-90 68°45'N 114°45'W	202	0.5	0	—	—	1	—

the fish. Mean spine length was not correlated significantly with frequency of modification of the pelvic complex ($r = 0.63$, $P > 0.1$).

Further research is needed to elucidate the relationship between pelvic complex modifications and environmental factors.

Acknowledgements

The author would like to thank Dr. D. E. McAllister, National Museum of Natural Sciences, Ottawa, for permission to examine collections of *P. pungitius* under his care.

References

COAD, B. W. and G. POWER, MS 1973. The meristic variation of the threespine stickleback, (*Gasteroteus aculeatus* L.), in the Matamek River System, Québec. Dept. Biol., Univ. Waterloo, Ontario, 22 p.

NELSON, J. S., 1971. Absence of the pelvic complex in ninespine sticklebacks, *Pungitius pungitius*, collected in Ireland and Wood Buffalo National Park region, Canada, with notes on meristic variation. *Copeia*, 1971 : 707-717.

WILZ, K. J., 1970. Reproductive isolation in two species of stickleback (Gasterosteidae). *Copeia*, 1970 : 587-590.

REVUE DES LIVRES

D.W., (éditeur), 1971. **Impingement of ›n the oceans.** Wiley-Interscience, New 738 p. 16 × 24 cm. Relié, $27.45.

l général aux problèmes posés par la ıation accélérée des milieux naturels a depuis quelques années, une proliférasi épidémique d'écrits, dont la plupart ne véhiculent sur les milieux marins ıobles généralités ou des éléments anecsans grande portée. L'imposant ouıe nous propose D.W. Hood est sans : l'effort le plus sérieux jamais fait us aider à prendre froidement la me- l'*affrontement* entre l'homme et l'océan. ement, ce livre n'a été conçu ni pour ni pour rassurer. Il entend poser les 'une approche objective à l'analyse des ıs que l'activité humaine fait indiscutasubir au milieu océanique.

au long des 26 chapitres que contient ıble compendium, une trentaine d'auınt plusieurs spécialistes reconnus, s'efde répondre, en s'appuyant fréquem- des faits précis ou sur des hypothèses es, aux questions nées d'une honnête sur la contamination des océans. Com- substances contaminantes parviennent- ι océans ? Comment y sont-elles réparsont-elles transformées chimiquement ? ıst la part de l'activité proprement huans l'acheminement vers les océans des ıes contaminantes ? Comment et dans nesure l'homme altère-t-il les milieux Est-il possible de prévoir les altérations dations futures ? Quelles sont les ims juridiques et politiques des utilisations ıinantes » des océans ?

ıuit premiers chapitres — indubitables plus consistants et les plus stimu- touchent les aspects analytiques fonux du destin des substances contami- On y dissèque soigneusement les mé- s physiques de transport (transport esocéanique, atmosphérique) tout comme anismes chimiques ou géochimiques de nation (interactions géochimiques, thernique) et de rétention (sédimentolo- convient de faire ici une mention toute de la magistrale revue d'Arika Okubo ›rocessus de mélange. Dans ce chapitre ›oré (79 pages) et *très substantiel,* Okubo présente avec une clarté remarquable les mécanismes, l'analyse mathématique et les effets du mélange, tant horizontal que vertical.

La section recouverte par les chapitres 9 à 17 constitue une revue détaillée (216 pages) d'un certain nombre de substances contaminantes : métaux lourds, hydrocarbures, diphényles polychlorés, produits radioactifs, déchets urbains, etc. Dans l'ensemble, le traitement accordé à chaque groupe de contaminants est de bonne qualité. Mais, à mon avis, six chapitres de cette section doivent retenir davantage l'attention. L'étude de Risebrough sur la contamination par les pesticides et les biocides n'est peut-être pas le document le mieux articulé de l'ouvrage, mais elle permet de jeter un regard neuf sur un domaine de recherches où l'émotivité a quelquefois teinté les conclusions des scientifiques. Risebrough juge sévèrement les représentations des scientifiques de l'industrie chimique, mais il refuse également que l'écologiste se laisse biaiser inconsciemment par l'emploi initial de concepts à connotations péjoratives comme « pesticides » ou « biocides ». Le texte de Risebrough est parfaitement dans la ligne de cette approche rationnelle, qui fait distinguer les contaminations et les altérations de la *pollution.* Comme le souligne D.W. Hood dans son introduction, une contamination peut être le résultat de processus naturels et elle n'est d'ailleurs pas toujours maléfique.

Le gaz carbonique est une substance dépourvue de toxicité. Les additions faites par l'homme — et à un rythme accéléré — dans l'atmosphère peuvent modifier, favorablement ou défavorablement, le climat de notre planète, l'hydroclimat océanique et certains équilibres chimiques encore mal connus des grandes masses d'eaux salées. Ce problème de contamination à très grande échelle, qui implique des interactions complexes océan-atmosphère, soulève beaucoup de questions pour lesquelles nous n'avons encore que des réponses partielles. Ce thème est développé de manière très compétente par Broecker, Li et Peng au chapitre 11.

La contamination radioactive (chapitre 12) et la contamination par le pétrole (chapitre 13) sont deux volets majeurs des modifications à l'océan qu'entraîne l'activité humaine. La synthèse présentée par Rice et Wolfe sur les aspects chimiques et biologiques de la contami-

nation radioactive n'ajoute probablement que peu de choses nouvelles aux connaissances réparties dans une littérature abondante et variée, mais elle peut constituer une excellente introduction pour les écologistes moins sensibilisés à ces problèmes. Les trois chapitres consacrés à la contamination des océans par le pétrole reflètent les nombreuses interrogations que cette contamination pose aux écologistes. Le premier de ces chapitres (Moss) présente le problème par des considérations fort intéressantes sur l'évolution du transport pétrolier. Le second (Button) — malheureusement peu étoffé — discute brièvement des effets biologiques connus. Le troisième chapitre (Parker) introduit des éléments d'analyse sur la stabilité des rapports isotopiques et fait état de l'altération de ces rapports consécutive à l'activité de l'homme. L'auteur propose d'utiliser les variations des rapports isotopiques comme indicateur des altérations attribuables à l'homme.

Si l'on fait exception du chapitre portant sur les modèles de contamination radioactive (Miyake), les neuf derniers chapitres du volume sont soit moins intéressants, soit nettement plus faibles. Les quatre chapitres consacrés aux altérations des zones côtières sont résolument superficiels et n'ajoutent que bien peu de choses, même sur le plan de la synthèse, à la littérature récente. Des trois chapitres traitant des aspects juridiques, politiques ou « philosophiques », le mieux que l'on puisse dire, c'est qu'ils ne sont guère convaincants. Celui où l'on traite d'une politique des océans (Hull) n'a pas sa place dans un livre de ce genre. Les quelques matériaux utiles y sont dilués dans un ensemble de détails sur l'administration américaine, sans intérêt pour la grande majorité des lecteurs de ce livre.

Malgré ces quelques faiblesses, je n'hésite pas à considérer la parution de cet ouvrage comme un évènement important. Certains des textes qu'il contient auront longtemps valeur de référence.

Guy LACROIX

Département de biologie
Université Laval, Québec

MATSUMURA, F., G.M. BOUSH, and T. MISATO, (éditeurs), 1972. **Environmental toxicology of pesticides.** Academic Press, New York, 662 p., ill. 16 × 22 cm. Relié, $17.50.

Les responsables de l'enseignement d'un su*jet aussi vaste et aussi* complexe que celui des pesticides ont toujours de la difficulté à suggérer une publication adéquate qui couvrirait les relations existant entre les pesticides et l'environnement. Les volumes écrits jusqu'à ce jour étaient, pour la plupart, des textes essentiellement faits pour les toxicologues : propriétés physiques, chimiques et biologiques des pesticides, mode d'action, sélectivité, résistance. Tous ces textes traitent des pesticides séparément : insecticides, fongicides, herbicides, etc. Quiconque voulait donc se documenter sur les effets globaux des pesticides sur les organismes à éliminer et sur les autres composantes biologiques du milieu devait jusqu'à présent se baser sur la multitude d'articles paraissant dans des revues aussi diverses que *Science, Nature, BioScience,* ou *Annual Review of Entomology.* Il y a aussi ces dernières années des textes comme *Pesticides in the environment and their effects on wildlife* (Moore, 1966) et, plus récemment, *Pesticides in the Environment* (White-Stevens, 1971).

Le livre édité par Matsumura, Boush et Misato, dont il est question ici, est essentiellement le rapport de la conférence nippo-américaine qui s'est tenue à Oiso, Japon, en octobre 1971. Aux spécialistes américains et japonais étaient venus s'ajouter pour la circonstance un britannique et un canadien, le Dr Henry Hurtig d'Agriculture Canada. Traiter en moins de 700 pages des multiples aspects d'un sujet aussi difficile et controversé que celui des pesticides et de l'environnement, et le faire de façon adéquate, représente certainement un tour de force. De plus, c'était certainement la première occasion que plusieurs chercheurs japonais avaient de transmettre leurs plus récentes découvertes au monde occidental. Et quand on sait l'état de saturation agricole et industrielle que connait ce pays de l'extrême orient, la contribution des chercheurs japonais dans le domaine de l'environnement et des pesticides ne peut être que profitable.

La publication se divise en huit chapitres : utilisation des pesticides et présence de leurs résidus ; transformation du mercure dans l'environnement ; fongicides, herbicides, organophosphorés et carbonates ; dégradation microbienne des pesticides ; photodécomposition des pesticides ; effets toxiques des résidus sur la faune ; à la recherche de nouveaux pesticides. Un sujet qui aurait mérité d'être inclus dans cette discussion déjà passablement extensive, est celui de l'interaction existant entre les pesticides et les médicaments, domaine appelé à un développement considérable (Science, 178 576, 1972). Dans le dernier chapitre qui traite

des possibilités futures, on ne semble pas avoir jugé utile de passer en revue les insecticides de la troisième génération : les hormones des insectes. Le sujet, il est vrai est encore tout neuf.

Nous avons donc ici un ensemble très diversifié d'articles sur un sujet d'actualité où il faut perpétuellement se mettre à jour vu l'apparition constante de nouveaux produits toxiques sur le marché. Les spécialistes du problème de la pollution, les écologistes, les biochimistes aussi bien que les toxicologues auront tous intérêt à prendre connaissance de ce volume qui essaie non seulement de nous informer mais aussi de nous intéresser davantage à un problème qui touche toute l'humanité.

Bernard J.R. PHILOGÈNE

Department of plant science
University of British Columbia, Vancouver

MOLINIER, R. et P. VIGNES, 1971. **Écologie et biocénotique.** Les êtres vivants, leurs milieux, leurs communautés, l'environnement. Delachaux & Niestié, Neuchâtel, xi + 457 p., 64 fig. 15.5 × 22.0 cm. Relié-toile, prix non indiqué.

LIEUTAGHI, P., 1972. **L'environnement végétal.** Flore, végétation et civilisation. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, 317 p., 5 pl. en noir, 16 pl. en couleurs. 15.5 × 21.5 cm. Relié-toile, prix non indiqué.

Comme le dit Jean Dorst dans la préface du premier volume « nos lointains ancêtres étaient par instinct des écologistes ayant une connaissance globale, bien que rudimentaire, des phénomènes vitaux de la biosphère dont ils tiraient leur subsistance » (p. v). Et pourtant, les hommes de civilisation moderne, après des siècles d'analyse des espèces et des phénomènes isolés, commencent à peine à se préoccuper d'une approche plus globale de la vie et à redécouvrir que les êtres vivants s'associent entre eux compte tenu du milieu physique où ils se trouvent pour former des systèmes bien équilibrés dont l'ensemble forme la biosphère. La science globale qui étudie ces niveaux supérieurs d'organisation de la vie est l'écologie ou, selon les auteurs, l'*écobiocénotique*.

Ce néologisme étonnera certains. Pourquoi ce terme nouveau alors que l'écologie, au sens habituel, couvrait bien ce domaine du savoir. C'est que les auteurs ont décidé d'utiliser le terme écologie dans son sens strict : celui d'« une science étudiant les combinaisons naturelles d'agents et de facteurs non vivants » (p. 8) par opposition à la biocénotique qui, elle, étudie « les combinaisons naturelles d'agents et de facteurs des entités vivantes de la biosphère » (p. 8). Écobiocénotique engloberait ces deux sciences.

Cette façon de voir a ses répercussions dans le plan du livre. Aussi, l'étude de l'anatomie des milieux naturels porte essentiellement sur les facteurs et agents écologiques et leur stratification alors que la systématique de ces derniers touchera, successivement, les climats, les substrats, les biocénoses et, finalement, les écobiocénoses. C'est alors que les auteurs abordent l'étude de la géographie des milieux naturels, de leur phénologie, de leur physiologie et, enfin, de leurs ontogénie.

La deuxième partie du livre est consacrée à l'exploration de quelques milieux naturels. Les exemples sont choisis en Europe occidentale : le pays de bocage : le Charolais, le maquis et la garrigue méditerranéens, la montagne, les collines du Nord-Toulonnais, les peuplements urbains, littoraux et marins sont ainsi étudiés. Il s'agit sans doute de la partie la plus originale du livre.

L'*Environnement végétal*, paru chez le même éditeur, est un livre différent même s'il se rapporte au même sujet. C'est un livre consacré à la défense des plantes sauvages. Écrit dans un style passionné, l'ouvrage situe d'abord les plantes par rapport au milieu naturel pour relater ensuite les conséquences de la dégradation et de la destruction du manteau végétal sur le sol et sur l'eau. L'auteur examine alors l'état d'appauvrissement de la flore française en évoquant les principales causes actuelles de cet appauvrissement et, notamment, le conflit entre la société des loisirs, l'agriculture et la conservation et l'impact qu'ont sur la flore l'industrialisation et ses grands travaux associés (routes, barrages, carrières, diverses pollutions), le remembrement rural et assèchement des marais, la sylviculture et, finalement, les botanistes collectionneurs eux-mêmes. Le volume se termine par une bibliographie succincte, par deux index, l'un des noms français, l'autre des noms latins des espèces citées et un lexique-table analytique des matières.

Les deux volumes viennent, chacun à sa manière, enrichir la littérature écologique francophone qui marquait un certain retard par rapport au nombre incalculable de livres publiés sur ces sujets en anglais au cours des dernières années.

Miroslav M. GRANDTNER

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

HUECK, K. und P. SEIBERT, 1972 **Vegetationskarte von Südamerika.** Mapa de la Vegetación de America del Sur. Coll. *Vegetationsmonographien der einzelnen Grossräume*, vol. 2a. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. Carte en couleurs à l'échelle de 1:8,000,000, 74 × 105 cm et texte explicatif bilingue all./esp., viii + 71 p., 17 × 24 cm. Cartonné, DM 28.00.

Cette très belle carte de la végétation de l'Amérique du Sud vient combler un vide important. Il existait, jusqu'à présent, des cartes à plus grande échelle, préparées par Holdrige et ses collaborateurs pour des pays individuels tels le Pérou, la Colombie, le Venezuela, et des cartes à très petite échelle comme celle de Mann et de Schmithüsen mais un seul document embrassant l'ensemble du continent sud-américain à une échelle suffisamment détaillée manquait toujours.

La carte de Hueck est le fruit de nombreuses années de travail accomplies par cet auteur en Amérique du Sud et couronnées par la parution, en 1966, de son volume *Die Wälder Südamerikas*. Son décès prématuré à Buenos Aires, le 28 juillet 1965, l'a empêché non seulement de voir la parution de ce livre mais encore de mener à bien l'édition de la carte qui accompagnait le manuscrit. C'est Paul Seibert qui fut chargé de compléter la maquette et de composer la légende. Cette dernière est rédigée en allemand et en espagnol. Elle comporte, pour chaque unité cartographiée, les renseignements suivants : distribution, climat (température moyenne annuelle, précipitation moyenne annuelle, saison de l'occurence maximale des précipitations, variation annuelle moyenne de la température), altitude, principaux types de végétation avec leurs essences caractéristiques, arbres d'importance économique avec leurs noms scientifiques et vernaculaires et utilisation forestière, pastorale et agricole.

La végétation est d'abord divisée en 8 grandes unités : (1) forêts pluviales tropicales et subtropicales, (2) forêts saisonnières mésophiles tropicales et subtropicales, (3) forêts sèches, (4) savanes, savanes avec palmiers et forêts de palmiers, (5) steppes arbustives et graminéennes, semi-déserts et déserts, (6) forêts australes, (7) végétation subantarctique et antarctique des hautes montagnes, (8) forêts alluviales. Chacune d'elles reçoit une couleur particulière et, en fonction de ses subdivisions ultérieures, une surcharge. La carte comporte de la sorte 88 unités cartographiques différentes et, *en plus, une série de* renseignements complémentaires tels que limites de distribution de certaines espèces importantes comme *Hevea brasiliensis, Bertholletia excelsa, Araucaria angustifolia, Ilex paraguayensis, Orbignya martiana, Copernicia cerifera, Fitzroya cupressoides*, etc.

Imprimée par le procédé offset, dans des couleurs à la fois attrayantes et contrastantes, la carte de Hueck est un document que toute personne intéressée à la végétation de l'Amérique du Sud et à son utilisation actuelle ou potentielle aura l'avantage de se procurer.

Miroslav M. GRANDTNER

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

ROBERTS, A.R. and C.W. BOOTHROYD, 1972. **Fundamentals of plant pathology.** W.H. Freeman and Company, San Francisco, xii + 402 p., 97 ill. 15 × 22 cm. Cartonné, U.S. $15.00.

Écrire le texte d'un manuel scientifique pour un niveau donné de l'enseignement constitue toujours un défi que les auteurs tentent de relever en choisissant une formule ou une autre qui leur semble la plus appropriée pour inculquer aux étudiants les notions essentielles d'un domaine particulier. D'une part, ils peuvent reprendre un procédé éprouvé depuis longtemps ou, d'autre part, ils veulent innover en proposant une méthode nouvelle de présentation des éléments d'une science particulière. Or les auteurs de l'ouvrage que nous analysons ici ont préféré la première manière et suivre la tradition établie à l'université Cornell par le professeur H.H. Whetzel il y a près de 50 ans. En effet, on retrouve presque sans modifications les idées de ce savant dont l'influence demeure encore très forte en Amérique du Nord. Dans une première partie de 104 pages, consacrée à la théorie de la pathologie végétale, les chapitres se succèdent dans l'ordre établi par Whetzel, dont le vocabulaire et les définitions apparaissent également inchangés. Certes, on ne peut rejeter les vues de ce grand maître ni reprocher aux auteurs leur fidélité envers la maison qui les a formés. Cependant on peut déplorer que plus de 40 ans de recherches et d'enseignement dans le monde n'aient pas conduit à plus d'originalité et d'imagination. Bien sûr, ils ont intégré des notions plus évoluées et puisé des exemples tirés de travaux plus récents, notamment sur la nature des virus, le rôle des enzymes et des toxines et les progrès de l'immunologie.

ıs une deuxième partie de 184 pages, les 's traitent spécifiquement d'un nombre restreint de maladies des plantes, ré- s selon la fonction vitale perturbée dans ıtion de présenter une classification plus ılle à leur point de vue. Ainsi, ils placent létériorations des tubercules, racines et charnus, avant ou après la récolte, dans oupe d'affections des organes de réserve. curieusement, ils réunissent la fonte des et la rhyzoctonie des pommes de terre un chapitre qui traite des maladies nuisi- à l'utilisation des matériaux de réserve. le titre général de maladies de l'activité ématique, ils rangent dans trois sections pertrophies, les charbons des céréales et ssordres résultant de l'attaque des néma- Puis les auteurs classent les affections les symptômes : brûlures, taches, etc., et les causes : mildious, blancs, rouilles etc., le grand groupe des maladies qui pertur- la photosynthèse. On se demande notam- pourquoi la rouille vésiculeuse du pin qui agit surtout par étranglement du et des branches, se trouve placée à côté ıuilles des céréales et de celles des rosa- D'autre part, ils réunissent en deux grou- ssez homogènes les pourridiés et les af- ıs du système circulatoire. Enfin, ils en ent une classe particulière pour tous les rs du milieu qui nuisent à la végétation, égard à leur mode d'action.

système hybride montre bien la com- s des phénomènes anormaux que présen- es plantes malades et les difficultés qui ıntent le phytopathologiste face à une de facteurs et à des manifestations mor- variées chez un nombre élevé d'espèces ifférentes. Aussi admettons-nous qu'on ne aisément encadrer ces interactions physio- es anormales et les intégrer dans un en- e cohérent. Les auteurs de ce manuel n'ont roposé de solutions même provisoires à roblèmes. On peut aussi déplorer la place ıxiguë accordée aux maladies des arbres bsence quasi-totale de données sur les des bois et les chancres. En outre, le re sur les maladies non parasitaires nous assez faible. Mais, en dépit de ces la- que nous devions souligner, cet ouvrage ınt sans doute pour l'enseignement du ır cycle dans les facultés d'agriculture.

René POMERLEAU

Parc Champoux
', Québec

WEAVER, R.-J., 1972. **Plant growth substances in agriculture.** W.-H. Freeman and Company, San Francisco, xviii + 594 p., 147 fig., 6 tab. 16 × 23.5 cm. Relié, $19.50.

Les phénomènes d'initiation des racines, d'entrée et de sortie de dormance, de floraison, de nouaison et de croissance des fruits, d'abscission, de sénescence sont tous sous la dépendance des actions combinées et de l'équilibre interne de substances chimiques connues sous le nom de phytohormones. Cet équilibre hormonal interne résulte certes du potentiel génétique de la plante mais il est modifié d'une façon constante par les facteurs externes tels la lumière, la température, la photo et la thermopériodicité, la nutrition minérale, hydrique et carbonée. Chez bon nombre de plantes cultivées, les phénomènes de croissance et de développement mentionnés ci-haut peuvent être maîtrisés au bénéfice de l'homme par l'application de régulateurs de croissance.

Ce volume présente un bilan des recherches fondamentales et appliquées accomplies depuis une quarantaine d'années dans le domaine de la régulation chimique de la croissance et du développement des plantes. L'auteur lui-même a travaillé plus de vingt ans sur les problèmes touchant la régulation hormonale de la vigne.

Les physiologistes reconnaissent à l'heure actuelle cinq classes de phytohormones. Ce sont : les auxines, les gibbérellines, les cytokinines, l'éthylène et les inhibiteurs dont l'acide abscissique. Les compagnies de produits chimiques ont réussi la synthèse industrielle des principales phytohormones et d'une foule d'autres substances organiques actives dans la régulation de la croissance des plantes. Une liste des substances les plus utilisées, environ 150, apparaît au début du livre. Les quatre premiers chapitres (117 pages) portent sur les aspects historiques, les méthodes biologiques et biochimiques de dosage, la nature chimique, les effets physiologiques et le mécanisme d'action de chacune des classes de phytohormones. Dans les chapitres cinq à onze, l'auteur présente les travaux de recherche et les résultats les plus significatifs sur le contrôle de certains phénomènes de croissance et développement des plantes au moyen de régulateurs chimiques. Voici les titres de ces chapitres : (5) enracinement et propagation ; (6) dormance des semences et des bourgeons ; (7) floraison ; (8) nouaison et développement des fruits ; (9) sénescence ; (10) abscission ; (11) autres phénomènes. Ce chapitre traite, par exemple, des

retardants de croissance et de l'utilisation de certains régulateurs en vue de favoriser l'augmentation de la résistance des plantes à la sécheresse, à la salinité, aux basses températures, aux maladies et insectes, aux polluants.

Le désherbage chimique fait l'objet du dernier chapitre (12). Il s'agit de l'application la plus courante et la plus spectaculaire des régulateurs synthétiques de croissance. Seulement aux États-Unis, on évalue la superficie des récoltes traitées aux herbicides à 120 millions d'acres. L'auteur analyse les recherches sur les bases physiologiques de la sélectivité, de l'absorption, de la translocation et des mécanismes d'action des herbicides.

Cet ouvrage, comme le souligne l'auteur dans la préface, est destiné aux étudiants de premier et second cycles en agronomie et en biologie végétale. Il offre de plus un très grand intérêt pour les professeurs, chercheurs et praticiens de la phytotechnie soucieux d'élargir leurs connaissances. Ils y trouveront une excellente synthèse des résultats de recherche, de nombreux conseils ainsi qu'une source abondante de documentation (plus de 1100 références) dans ce vaste domaine d'application de la physiologie végétale. Nous croyons que ce livre du professeur Weaver fera saisir une fois de plus l'étonnante complexité du fonctionnement de la plante et contribuera à donner une impulsion plus grande aux recherches fondamentales sur les mécanismes d'action et d'interaction des divers facteurs internes et externes de la croissance et du développement. Une telle connaissance est primordiale, car c'est la seule qui fera sortir de l'empirisme actuel et mènera à la maîtrise véritable des diverses fonctions de la plante et à leurs modifications au profit de l'humanité.

Henri-P. THERRIEN

Département de phytotechnie
Université Laval, Québec

GIESE, A.C., (éditeur), 1972. **Photophysiology, curernt topics in photobiology and photochemistry.** Academic Press, New York, vol. 7, 353 p. 15 × 22 cm. Relié, $12.00.

Le présent volume est le septième d'une collection dont le but est de faire le point sur l'état actuel des recherches dans le domaine de la photophysiologie. Il contient dix chapitres dont chacun est l'oeuvre d'un ou deux spécialistes en la matière. Nous présentons les sujets, le(les) auteur(s) et une brève analyse de chacun *des dix articles.*

1. *Electron spin resonance studies of photosynthetic systems* par Ellen C. et Harry E. Weaver (Californie). La photosynthèse résulte de l'arrachage d'un électron d'un composé réduit, la chlorophylle, et du transfert de cet électron sur un nucléotide (NADPH) qui peut servir alors de pouvoir réducteur dans certaines réactions de la phase sombre ou thermochimique. Le circuit électronique engendre de l'ATP. La spectroscopie de résonnance électronique se base sur le fait que des substances contenant des électrons impaires sont paramagnétiques. C'est une technique tout à fait appropriée dans l'étude des composés (cytochromes, plastoquinones, plastocianines) faisant partie des photosystèmes des chloroplastes. L'article est une mise au point sur l'utilisation et la précision de cette méthode ainsi que sur les progrès accomplis dans la connaissance de la phase photochimique tant chez les bactéries que chez les plantes supérieures.

2. *Phytochrome, a photochromic sensor* par W. Shropshire, Jr. (Maryland). L'énergie lumineuse sert à la nutrition des plantes autotrophes et exerce de nombreux effets sur leur croissance et leur développement. La perception des signaux lumineux résulte de mécanismes évolutifs permettant aux plantes d'être compétitives et adaptées à leur milieu. Par exemple, les plantes entrent en dormance lorsque le milieu devient non favorable et elles fleurissent à une époque précise de l'année. Le phytochrome est un détecteur de signaux lumineux et joue un rôle-clé dans les phénomènes de photomorphogénèses végétales. L'auteur discute des travaux récents sur la localisation, la distribution, les propriétés physiques et chimiques, le métabolisme et les mécanismes d'action du pigment photodétecteur.

3. *Photosynthetic nitrogen fixation* par Mary Belle Allen (Alaska). La fixation de l'azote occupe le second rang, après la photosynthèse, dans le maintien de la vie sur terre. Ce sont les algues bleues-vertes qui accomplissent la plus grande partie de la fixation photosynthétique de l'azote. L'auteur décrit les structures morphologiques associées à la fixation et elle discute des recherches sur les aspects physiologiques et biochimiques de ce phénomène.

4. *The role of light in nitrate metabolism in higher plants* par L. Beevers et R.H. Hageman (Oklahoma et Illinois). La lumière joue un rôle complexe dans le métabolisme azoté des plantes supérieures. En effet, elle stimule la synthèse des sucres phosphatés qui subissent la glycolyse dans le cytoplasme. De cette réaction origine

DH ou pouvoir réducteur nécessaire à la ion des nitrates. La lumière contrôle aussi duction de ferrédoxine réduite servant à uction des nitrites. Elle exerce un effet teur profond sur le niveau de la nitrate ase. Les auteurs, en conclusion, souli- « qu'il n'est plus possible à l'heure ac- d'appuyer la notion simple aussi bien ayante selon laquelle, chez les plantes eures, la lumière règle le métabolisme de en produisant directement des réduc- (ex : NADPH) qui seraient utilisés dans orte de photosynthèse des nitrates ».

Mode of photosensitizing action of furo- rins par L. Musajo et G. Rodighiero (Ita- es furocoumarines constituent un groupe bstances que l'on trouve particulièrement les Ombellifères et les Rutacées. À la de leur irradiation par des rayons ultra-, ces substances provoquent, par exem- destruction des bactéries, des mutations, ivation des cellules tumorales, des érup- cutanées. On trouvera dans cet article iscussion sur le mode d'action des furo- rines et, en particulier, sur les travaux nt en évidence les liaisons et complexes ulaires que forment ces substances avec ides nucléiques et certaines bases azo-

Photosensitivity in porphyria par W. J. (Minnesota). Les chercheurs non-fami- avec la médecine trouveront de l'infor- sur les porphyries ou désordres méta- es caractérisés par une augmentation de ses et d'excrétion de porphyrines. L'au- iscute certains travaux sur les mécanismes otoinduction de diverses porphyries.

Ultraviolet action and photoreactivation in par P. Halldal et O. Tanbe (Suède). Les sont très sensibles aux rayons UV loin- compris entre 220 et 300 nm. Ces rayons, à faible dose, inhibent la synthèse de et affectent la structure tertiaire des nes en rompant des liaisons intramolécu- De plus, ils inhibent la synthèse de la phylle et la phase photochimique de la synthèse. Le noyau peut réparer ses lé- grâce à divers mécanismes de réactiva-

Chromosome aberrations induced by ultra- radiation par S. Wolff (Californie). Les UV seuls ou en combinaison avec les X et les rayons infrarouges induisent berrations chromosomiques et des muta- tant chez les cellules *végétales qu'ani-* males. Au cours des dernières années, bon nombre de chercheurs dans ce domaine ont davantage expérimenté sur les cellules animales cultivées in vitro. L'énergie absorbée par l'ADN aussi bien que par les protéines peut induire des lésions chromosomiques.

9. *Photochemistry of nucleic acids and their constituents* par A.J. Varghese (Texas). Cet article (p. 207-274) est sans contredit le plus étoffé du volume. Il contient une discussion des travaux récents sur la photochimie des acides nucléiques et de leurs constituants. Parmi ceux-ci, l'auteur souligne que les bases pyrimidiques sont les plus sensibles aux rayons UV. La plupart des effets mutagènes et létaux causés par ces rayons sont attribuables aux transformations photochimiques des pyrimidines.

10: *Enzymatic and nonenzimatic bioluminescence* par F.H. Johnson et O. Shimomura (New York). Les auteurs examinent d'une façon critique les divers travaux sur les bases biochimiques de nombreux systèmes enzymatiques et non-enzymatiques d'émission de lumière chez certains êtres vivants.

Dans l'ensemble, les dix articles de ce volume sont d'une très grande qualité. Ils sauront sans aucun doute intéresser professeurs, chercheurs oeuvrant dans divers domaines de la photobiologie et de la photochimie.

Henri-P. THERRIEN
Département de phytotechnie
Université Laval, Québec

HILLEL, D., (éditeur), 1972. **Optimizing the soil physical environment toward greater crop yields.** Academic Press Inc., Publishers, New York, xv + 240 p., ill. 16 × 23.5 cm. Relié, $8.00.

Ce volume renferme les textes des communications présentées par quinze scientifiques au Symposium international de physique des sols qui eut lieu à Rehovot, Israël du 29 août au 5 septembre 1971. Les scientifiques participants étaient parmi les plus dynamiques dans le domaine, ce qui a permis d'évaluer l'état actuel et les tendances futures de la recherche en physique des sols.

Les sujets couverts comprennent la température du sol et la croissance des plantes, l'amélioration des propriétés hydriques des sols sablonneux, la structure du sol et son amélioration, le développement radiculaire en relation avec les propriétés physiques des sols, le bilan

hydrique, le contrôle de la salinité, l'irrigation, la conservation de l'eau, de même que l'énergie et les paramètres de croissance en relation avec l'augmentation des rendements. En plus de mentionner le besoin grandissant pour de l'information nouvelle et pour l'intégration des connaissances actuelles du milieu sol-plante-atmosphère, les auteurs ont souligné les besoins futurs de recherche afin de mieux comprendre cet environnement.

L'ouvrage nous fournit des informations très à point car chaque sujet est traité à fond par un spécialiste. Cela explique un peu la variation dans l'uniformité de présentation. Toutefois cet aspect est largement compensé par le fait que l'emphase est mise sur le côté pratique plutôt que théorique dans tous les chapitres. C'est une source de renseignements pertinents mis à la disposition des agronomes, physiciens du sol, hydrologistes, météorologistes et spécialistes de l'environnement.

Sylvio J. BOURGET

Ministère de l'agriculture du Canada
Station de recherche, Québec

GOLDTHWAIT, R.P., (éditeur), 1972. **Till — a symposium.** Ohio State University Press, Columbus, xii + 402 p., 132 fig., 27 tab. 21 × 27 cm. Relié-carton, $20.00.

Les organisateurs du premier colloque nord-américain sur le till n'ont pas dérogé à la coutume voulant que les actes d'un colloque soient publiés. Le professeur Richard P. Goldthwait a donc réuni dans un ouvrage de belle apparence la plupart des travaux présentés au colloque tenu à Columbus, en 1969, à l'occasion d'un congrès annuel régional de la *Geological Society of America*. Il est étonnant de constater que malgré l'importance du sujet et la quantité relativement grande d'articles se rapportant au till, les colloques et les ouvrages généraux consacrés à ce sujet demeurent extrêmement rares. D'après l'éditeur, se serait le premier recueil du genre en anglais, d'où son importance relative.

L'ouvrage réunit 22 textes groupés dans 7 catégories. Les cinq principales traitent de la genèse du matériel, de l'épaisseur, de la composition, de la texture et de la structure et des corrélations stratigraphiques.

Dans l'introduction, Goldthwait pose diverses questions auxquelles il essaie de répondre : *pourquoi le till ? qu'es-ce* que le till ? où le trouve-t-on ? comment se forme-t-il ? Cette revue concise, rédigée par un universitaire qui a consacré une grande partie de ses recherches au glaciaire, marque un bon départ en renseignant utilement le lecteur. Dans le deuxième texte d'introduction, Dreimanis, un des spécialistes canadiens du till, fait une brève revue générale des méthodes d'étude du till en Amérique du Nord, basée sur une enquête conduite dans le cadre d'une commission de l'INQUA (Association internationale pour l'étude du quaternaire), dans laquelle il nous apprend entre autre que les méthodes d'études varient suivant les disciplines et les écoles de pensée et que sur un total de 545 personnes ayant répondu au questionnaire, on compte 355 géologues, 108 ingénieurs, 61 pédologues et 21 géographes.

Les vingt autres articles sont de qualité, de valeur et de longueur variées. Ils ont entre 6 et 33 pages, avec une médiane de 14, y compris l'illustration et les bibliographies. La moitié tient davantage de la note que de l'article fouillé. Quatre textes ont une portée générale et un contenu plutôt théorique, alors que les autres relèvent de l'étude régionale. Mis à part la contribution de Boulton sur les tills du Spitsberg, on aurait pu intituler l'ouvrage : *Till studies in North America*, car toutes les études portent sur des régions des États-Unis (13) ou du Canada (9).

Parmi les études les plus intéressantes à signaler à l'attention du lecteur québécois, mentionnons celle de Boulton (p. 41-72) qui est l'une des meilleures et des plus sérieuses ; celle de Nobles et Weertman (p. 117-126) sur l'influence des irrégularités du lit d'un inlandsis sur le taux de sédimentation glaciaire ; celle de Moran (p. 127-148) sur les structures liées à la glacitectonique ; celle de Dreimanis et Vagners (p. 237-250) sur la dispersion bimodale des éléments rocheux et minéraux dans les tills de fond ; celle d'Andrews (p. 321-327) sur les méthodes d'analyse de la trame du till ; et celle de Pettyjohn et Lemeke (p. 383-394) sur les cailloux de till dans des alluvions du Dakota-Nord.

Dans l'ensemble, les diverses études sont de bonne qualité bien que le menu de quelques-unes soit maigre. Les propos honnêtes et très francs d'Andrews sur les « till fabric » satisferont plus d'un lecteur, puisqu'il en vient à la conclusion qu'actuellement il s'avère difficile, en raison d'une trop grande diversité des méthodes d'échantillonnage, d'étude, d'analyse et de représentation graphique, d'utiliser à bon

les données fournies par la plupart des . Les comparaisons sont quasi impossi- de plus, une grande partie des mesures ne sont pas adéquates et n'ont aucune ation régionale.

une étude sur les cailloux de till dans luvions sablo-graveleuses, Pettyjohn et affirment qu'ils font une revue « exten- de la littérature se rapportant au sujet. ne fournissent que 12 références dont eulement se rapportent directement au et parmi ces dernières, quatre ont été s dans le *Journal of Geology*. On peut auger l'étendue de la culture des au- qui ont la naïveté d'affirmer (p. 383). *pdate a review of the literature on the , a fairly extensive literature summary is d* ». Sans vouloir généraliser, nous profi- cette occasion pour dire que cette atti- e béotien reflète assez bien la situation e dans certains milieux nord-américains esquels on ignore volontiers les travaux itres.

ans l'ensemble, l'ouvrage est de bonne on constate cependant que certains surtitrés déçoivent le lecteur, que plu- figures sont trop grandes et auraient dues éduites, et que les remerciements oc- beaucoup trop de place pour leur si- tion réelle. Somme toute, ce recueil de sur le till et les matériaux glaciaires ren- utiles services aux quaternaristes, aux gues et aux ingénieurs puisque d'après wait, 30% de la surface des continents couverte de till et environ 10% de l'é- errestre comprend des tillites anciennes. souhaiter la tenue prochaine de d'autres ies de ce genre et en étendre la portée. lication des travaux paraît fondamentale rait suivre sans délai la tenue des con- uitte à sacrifier la qualité de l'édition et orme, ce que l'on aurait pu faire ici avec ge. Quoiqu'il en soit, cet ouvrage sur le rite d'être lu et mis à la disposition des iaristes.

Jean-Claude DIONNE

de recherches forestières
urentides
nement Canada, Québec

H, F. H., 1969. **Guide des roches et mi-** . Delachaux et Niestlé, Neuchatel/Suisse, p., 265 reproductions dont 150 en cou- s. 12 × 19 cm. Relié, $9.00.

Le nombre de livres de minéralogie en langue française est très restreint et la traduction avec adaptation par J. Pinet-Vigot du guide de minéralogie de la *Peterson Field Guide Series* vient combler un besoin réel. Le livre est divisé en deux parties : 1 — Une introduction à l'étude des roches et minéraux, qui comprend des chapitres sur votre collection minéralogique, les roches, les minéraux et leur localisation, les propriétés physiques des minéraux, la clasification cristallographique et chimique des minéraux, les essais et techniques d'identification. 2 — Description minéralogique. Le guide est accompagné d'un glossaire, d'une bibliographie d'ouvrages sélectionnés, et d'un index.

Le guide présente 150 photographies en couleurs qui sont d'une excellente qualité et fort utiles pour faciliter l'identification des minéraux d'un collectionneur, 115 photographies en noir dont la majorité sont fortement ombragées et peu utiles à la reconnaissance des minéraux, de nombreux dessins illustrant deux formes cristallographiques de chaque espèce minéralogique photographiée. L'auteur décrit 250 minéraux qui représentent bien les espèces minéralogiques les plus fréquentes dans les formations géologiques et les gisements miniers, et susceptibles d'être trouvées par les collectionneurs. Pour chaque minéral il y a une excellente description des critères d'identification et des essais chimiques et au chalumeau permettant la confirmation des diagnostics d'identification.

Le livre présente quelques désavantages en commençant par le titre qui laisse la fausse impression que l'on y trouvera beaucoup d'information sur les roches ; l'auteur ne consacre que 13 pages à la description des roches, c'est plutôt un guide de minéraux. Les silicates sont classés en disilicates, métasilicates, etc., cette ancienne classification est abandonnée par les minéralogistes et remplacée par la classification moderne de Strunz en nésosilicates, sorosilicates, etc. La principale lacune de ce livre est l'absence d'un tableau d'identification des minéraux ; pour être utile à l'identification des minéraux ce livre doit être lu en entier.

Ce livre n'est pas un traité de minéralogie, c'est un guide consacré à l'identification des minéraux et il s'adresse particulièrement aux naturalistes intéressés à collectionner des minéraux. Toutefois, l'étudiant d'un programme de géologie de 1er cycle et le géologue professionnel y trouveront de nombreux renseignements sur les minéraux d'occurrence fréquente.

Robert LEDOUX

Département de géologie et minéralogie
Université Laval, Québec

MUUS, B. J. et P. DAHLSTRÖM, 1970. **Guide des poissons de mer et pêche.** Coll. *Les guides du naturaliste.* Delachaux & Niestlé, Neuchatel, Suisse, 224 p., ill. 13.5 × 20.5 cm. Relié, prix non indiqué.

Ce livre de poche, traduit et adapté d'un ouvrage danois, traite essentiellement des poissons marins de l'Atlantique septentrional oriental ; il ne pourra donc être utilisé comme manuel de terrain que par le naturaliste européen.

Ce guide comporte plusieurs aspects intéressants, notamment des sections sur la morphologie et la biologie des poissons de même que sur l'histoire, les techniques et les produits de la pêche. Des clefs d'identification, illustrées de schémas, conduisent à la présentation de 161 espèces de poissons et 12 invertébrés d'intérêt commercial.

Les articles contiennent des informations sur la morphologie, le mode de vie, la répartition et l'importance économique des 173 espèces décrites. Quelque 800 dessins en couleur illustrent 142 espèces ainsi que de nombreux modes de pêche ; des cartes de distribution viennent compléter une présentation soignée.

Somme toute, malgré des limites imposées par son cadre géographique relativement restreint, ce petit livre rassemble une foule de renseignements qui sauront intéresser toute personne non spécialiste cherchant à se documenter sur les poissons marins.

Louis LEGENDRE

Département de biologie
Université Laval, Québec

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Le Père Arthème DUTILLY

22 novembre 1896 — 31 janvier 1973

Le 31 janvier 1973, le père Arthème Dutilly, Oblat de Marie Immaculée, s'éteignait à l'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal. Né à Roxton-Falls, Québec, de Adhémard Dutilly et de Cordélia Favreau, il fit ses études classiques et théologiques chez les Oblats, de 1911 à 1924. Après son ordination, en 1924, souffrant d'une faiblesse pulmonaire, il fut envoyé sous un climat plus salubre, au collège de Gravelbourg, où il enseigna, jusqu'à 1932, la philosophie, la chimie et autres sciences. En 1932, alors que les pères Oblats projettent la fondation prochaine d'une école moyenne d'agriculture à Ville-Marie, ils jettent les yeux sur le père Dutilly pour en être le futur directeur. Rappelé de l'Ouest, il est envoyé à l'Institut agricole d'Oka, afin d'y faire ses études agronomiques. En 1934, il en sort avec sa licence en agriculture. Au cours de l'été 1933, il s'embarque sur le «Pie XI», bateau du vicariat de la Baie d'Hudson, et herborise à tous les postes d'arrêt, depuis le Labrador et les postes les plus reculés de l'Arctique, jusqu'à Chesterfield Inlet. L'été suivant, il poursuit ses recherches botaniques dans la région du Mackenzie. Vers le même temps, les Oblats font l'acquisition d'une ferme à Rougemont et le père Dutilly en est nommé directeur pour les années 1935 et 1936, juste le temps de mettre la ferme et le verger sur un bon

pied. L'année 1936 sera décisive dans la carrière de ce naturaliste des régions nordiques. Revenant d'un autre voyage de recherche le long de la côte du Labrador et dans les postes de l'Arctique, il réussit à intéresser *The Catholic University of America* à la flore du Nord et devient associé de recherche au service de cette institution ; le père pourra dès lors se donner totalement à ses travaux d'exploration. Durant la période scolaire, il donne des cours de géographie polaire et fait profiter de ses vastes connaissances bibliographiques les étudiants qui préparent une maîtrise ou un doctorat. En effet, il a compilé plus de 16,000 fiches sur les divers aspects de l'Arctique. Après avoir publié une bibliographie de bibliographies sur l'Arctique et une autre sur le renne, le caribou et le bœuf musqué, il transmet le reste de sa documentation à l'organisation qui a entrepris la publication de « *Arctic Bibliography* », édité et dirigé par Marie Tremaine (à ce jour, 12 volumes comprenant 16,853 pages et 76,725 entrées). En 1941, le père Dutilly fonde « *The Arctic Institute of the Catholic University* », dont il demeure le directeur jusqu'à son départ de l'université. Chaque été voit son retour dans le Nord, de 1937 à 1940 et en 1942. En 1939, il réalise un projet audacieux : aidé par des dons de bienfaiteurs, il fait construire en Nouvelle-Écosse le « Nouveau-Québec », bateau de 25 tonnes, qu'il destine au vicariat de la Baie James. Avec un pilote expérimenté, il s'embarque avec le Dr Gérard Gardner et les Révérends Hugh O'Neill et Maximilian Duman, botanistes, et conduit le bateau jusqu'à Moosonee, Ont., en passant par le Labrador et le détroit d'Hudson.

C'est à l'Institut agricole d'Oka, en 1943, que j'ai rencontré le père pour la première fois ; il cherchait un compagnon pour son expédition le long de la rivière Rupert. L'affaire fut vite réglée et nos aventures communes commençaient, sans que je me doute alors qu'elles se poursuivraient jusqu'en 1963 ; au total 15 campagnes, nécessitant au-delà de 4,000 milles de canot. Il arrive rarement que deux botanistes travaillent aussi longtemps ensemble. Dans notre cas, nous avons vite constaté que nous avions besoin l'un de l'autre. Les connaissances botaniques du père se limitaient aux plantes les plus communes. Dans ce domaine, sans être un expert, j'avais mes prétentions. Là où il excellait, c'était dans l'organisation de nos campagnes. Tous les moindres détails étaient prévus : cartes, photographies aériennes, guides, canot, nourriture, chocolat pour les guides, pharmacie et petits outils. Nous terminions nos expéditions sans manquer de vivres, ni sans excès. Songeons, par exemple, à notre traversée de l'Ungava en 1945 : trajet d'environ 400 milles sans ravitaillement en cours de route, six passagers comprenant trois guides, le Dr Pierre Dagenais, le père et moi-même, un seul canot ; coût total de cette expédition : $750.00.

Je me souviens qu'au départ de notre première expédition le père me disait que la philosophie la plus utile dans le Nord était le « toffisme », et il le pratiquait, demeurant toujours calme dans les moments difficiles. Son talent de bricoleur nous a aussi tirés d'affaire en bien des occasions. En 1960, nous descendions la rivière Pagwa, lorsque notre moteur hors-bord tomba en panne. Un piston était bloqué et hors d'usage. Après une opération délicate, nous repartions avec un seul piston et nous poursuivions notre route jusqu'à Albany. Toujours jovial, causeur intarissable, loyal pour ses collaborateurs, le père était vraiment le compagnon idéal que j'ai toujours apprécié. Notons enfin que son état d'Oblat lui ouvrait bien des portes et lui

permettait d'obtenir facilement l'aide des missionnaires des vicariats du Mackenzie, de la Baie d'Hudson, de la Baie James et du nord du Québec.

Le père Dutilly est l'auteur d'une trentaine d'études scientifiques qu'il a publiées seul ou en collaboration et les plantes suivantes lui ont été dédiées : *Carex Dutillyi* O'Neill & Duman, *Salix* ×*Dutillyi* Lepage, *Populus* ×*Dutillyi* Lepage, *Betula* ×*Dutillyi Lepage*, ×*Elyhordeum Dutillyanum* (Lepage) Bowden et *Scirpus validus* var. *creber* f. *Dutillyanus* Lepage.

Nous perdons dans le père Dutilly un ami sincère et un précieux collaborateur. Son exemple restera sans doute un grand stimulant pour bien d'autres botanistes explorateurs, mais peut-être que plusieurs expéditions rêvées ne seront pas réalisées, parce qu'il manquera un « Père Dutilly » pour en faire l'organisation.

Ernest LEPAGE, ptre,
Saint-Simon (Rimouski), Québec

ÉNUMÉRATION DES PLANTES DU CANADA

par Bernard BOIVIN

Herbier Louis-Marie, Université Laval

et

Ministère de l'Agriculture, Ottawa

« Provancheria », N° 6

Extrait de la revue *Le naturaliste canadien,* Volumes 93 et 94.

Liste des espèces, variétés, formes et hybrides de plantes vasculaires reconnues comme spontanées au Canada. Une bibliographie pertinente précède chaque genre. L'auteur présente la distribution géographique de chacun des taxons au nord des États-Unis, dans une perspective critique. Les botanistes y trouveront une mine de renseignements de première valeur.

An enumeration of the species, varieties, forms and hybrids known as spontaneous in Canada. Nearly all genera are preceded by an essential bibliography of recent monographs and other main papers relevant to each genus in Canada. Each taxon is followed by an abbreviated summary of its distribution north of the U.S.A. A distinction has been made between verified and unverified distributions and, in the latter case, whether or not justifying collections have been located yet.

7 x 10, 460 p., broché, $ 9.00.

En vente

aux

PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL
C. P. 2447, Québec 2, Canada

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 100 | Mai-Juin 1973 | Numéro 3

SOMMAIRE

LETENDRE, Michel et Jean-Guy PILON. La faune myrmécologique de différents peuplements forestiers caractérisant la zone des basses Laurentides, Québec (Hymenoptera : Formicidae) 195-235

LETENDRE, Michel et Jean-Guy PILON. Nids et micromilieux de nidification utilisés par les fourmis dans les peuplements forestiers des basses Laurentides, Québec (Hymenoptera : Formicidae) 237-246

COAD, Brian W. and G. POWER. Life history notes and meristic variation in the freshwater fourspine stickleback, *Apeltes quadracus* (Mitchill), near Sept-Iles, Québec 247-251

LAMONTAGNE, Yves. Effets de l'enrobage et de l'entreposage sur la capacité germinative des graines de conifères 253-256

KIFFER, Étienne. Contribution à l'étude de la microflore fongique du Congo III. *Torula ndjilensis* sp. nov. et *Balanium africanum* sp. nov. 257-263

BRAZEAU, M. et B. BERNIER. Composition minérale du feuillage du sapin baumier selon les modalités d'échantillonnage et relations avec quelques indices de croissance 265-275

SEGUIN, M.K. Geological evolution of the southern extension of the Labrador trough 277-314

COMMUNICATION BRÈVE

COAD, Brian W. Modifications of the pelvic complex in ninespine sticklebacks, *Pungitius pungitius* (L), of eastern Canada and the north-west Territories 315-316

REVUE DES LIVRES 317-326

NOTICE NÉCROLOGIQUE

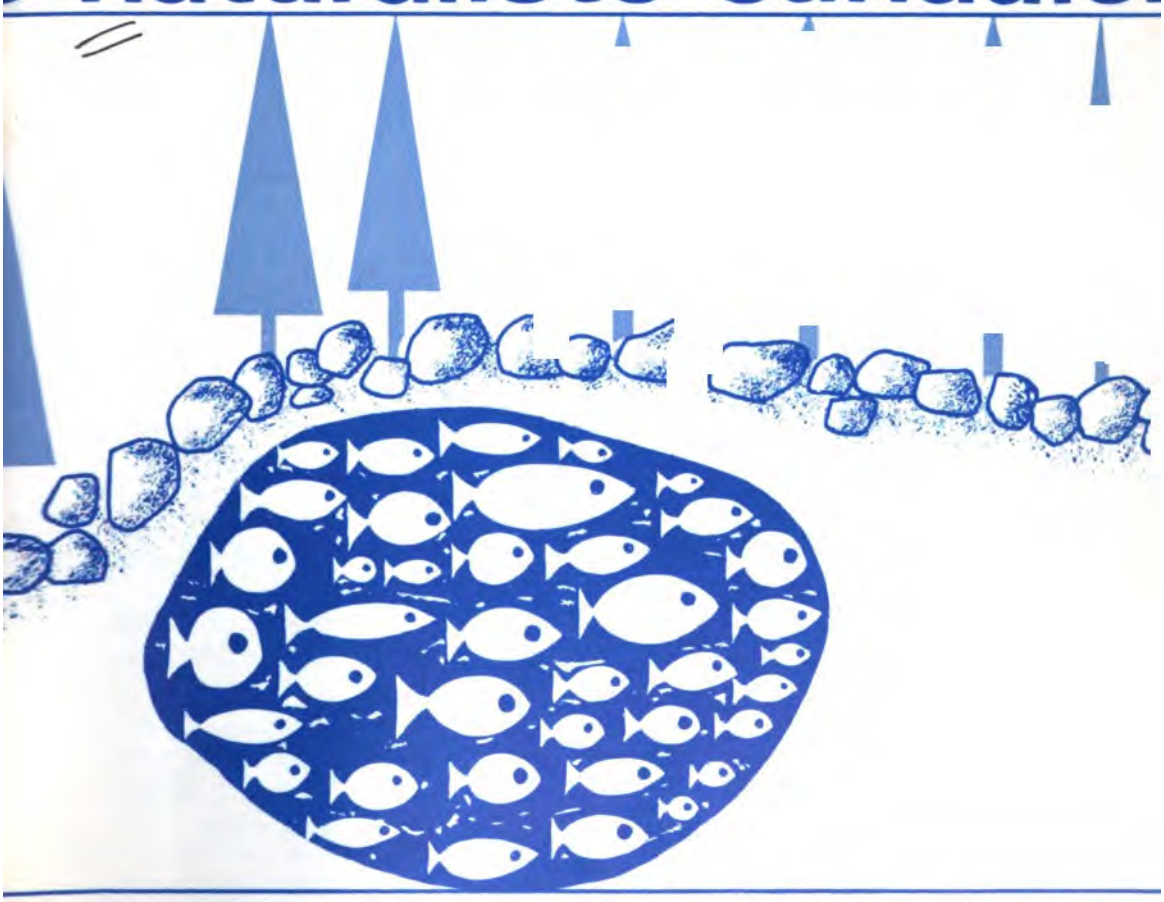
LEPAGE, E. Le Père Arthème Dutilly 327-329

Volume 100,
numéro 4,
juillet - août 1973

Q70

The University JAN 31 1974
of Michigan
Periodical
Reading Room

e naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

CN ISSN 0028-0798

DIRECTEUR
G.-WILFRID CORRIVAULT

DIRECTEUR-ADJOINT
MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE
GUY LACROIX

SECRÉTAIRE-ADJOINT
PIERRE MORISSET

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*
RENÉ BÉIQUE, *Direction générale de la conservation, Ministère des terres et forêts, Québec*
JULIEN BERGERON, *Ministère de l'industrie et du commerce, Québec*
BERNARD BERNIER, *Université Laval*
PAUL BERTHET, *Faculté des sciences de Lyon*
LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*
PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*
MICHEL DELSOL, *Faculté catholique de Lyon*
LLOYD M. DICKIE, *Institut océanographique de Bedford*
ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*
PAUL GERVAIS, *Université Laval*
ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire naturelle de Paris*
WILLIAM S. HOAR, *Université de la Colombie-Britannique*
ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*
VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*
GASTON MOISAN, *Service de la faune du Québec*
A. C. NEISH, *Conseil national des recherches du Canada, Halifax*
W. E. RICKER, *Office des recherches sur les pêcheries du Canada*
D. M. ROSS, *Université d'Alberta*
HENRI TINTANT, *Faculté des sciences de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction):

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4

Abonnement annuel

au Canada : $ 10.00 —à l'étranger : $ 11.00 —le numéro : $ 2.00

Publication bimestrielle de l'Université Laval, LE NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétariat de la rédaction**, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Laval, Québec G1K 7P4, Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Conseil national de recherches du Canada.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec — Troisième trimestre 1973.

LE NATURALISTE CANADIEN

ne 100 Juillet-Août 1973 Numéro 4

CROISSANCE DU BAR BLANC, *MORONE CHRYSOPS* (RAFINESQUE), DANS LE FLEUVE SAINT-LAURENT PRÈS DE QUÉBEC

Étienne MAGNIN, Eugenia MURAWSKA
Département des sciences biologiques, Université de Montréal, Montréal
et
Gérard BEAULIEU †
Division de biologie, Direction des pêches maritimes, Québec

Résumé

Les mesures de longueur et de poids prises sur 2,646 bars blancs pêchés près de Québec en 1954 et la lecture des écailles appartenant à 957 spécimens nous ont permis de préciser la croissance en longueur et en poids de ces poissons. Cette croissance est faible si on la compare à celles des bars blancs provenant d'autres milieux du Canada et des États-Unis.

Abstract

Length and weight were taken on 2,646 white bass collected near Québec in 1954 and 957 scale samples were used to age and state length and weight growth. The white bass of St. Lawrence River grow more slowly than those of other parts of Canada and U.S.A.

Introduction

ı bar blanc, *Morone chrysops*, a été alé pour la première fois dans la e québécoise du fleuve Saint-Lau- par V.D. Vladykov, en 1947. Cet ur avait obtenu deux spécimens, l'un 1944, de Saint-Vallier en aval de bec et l'autre en 1946, du lac Saint- e, entre Québec et Montréal. Ce son est, en effet, plutôt rare dans euve. En 1954 cependant, un pêcheur aint-Nicolas, à une vingtaine de kilo- es en amont de Québec, a pris un z grand nombre de spécimens qui ont observés par les biologistes du Dé- ement des pêcheries du Québec. t sur ces observations que nous nous mes basés pour faire cette étude.

Matériel et méthodes

Les biologistes du Département des pêcheries du Québec ont observé de juin à octobre 1954, 2,646 spécimens. Trois remarques doivent être faites sur cet échantillonnage. Tout d'abord celui-ci était composé de 1,238 mâles et de 1,407 femelles, donc d'un nombre sensiblement égal d'individus des deux sexes. En deuxième lieu, l'histogramme de la figure 1 montre une grande homogénéité dans la taille des spécimens : la plupart d'entre eux (90%) mesuraient entre 200 et 250 mm ; la moyenne de la longueur à la fourche était de 233 mm avec des extrêmes allant de 170 à 310 mm. La troisième remarque concerne la date des captures : 15 spécimens seule-

ment (0.06%) ont été pris en juin, 21 (0.08%) en juillet, 138 (5.2%) en août, 793 (30.0%) en septembre et 1,672 (63.4%) en octobre.

Les biologistes ont mesuré la longueur à la fourche sur les 2,646 spécimens et la longueur totale sur 200 spécimens seulement ; ils les ont pesés et, sur chacun d'eux, ils ont prélevé des écailles. À partir de ces données, nous avons d'abord calculé les équations de régression exprimant la longueur totale (LT) en fonction de la longueur à la fourche (LF) et vice versa :

$$LT = 1.06\ LF + 1.34 \quad (1)$$
$$LF = 0.93\ LT + 2.28 \quad (2)$$

Nous avons ensuite calculé l'équation de régression qui donne le logarithme du poids P en g en fonction du logarithme de la longueur à la fourche (LF) en mm ; comme il n'y avait pas de différence significative entre les équations déterminées séparément pour les mâles et les femelles, l'équation suivante est valable pour les deux sexes :

$$\log P = 3.4293 \log LF - 5.80746 \quad (3)$$

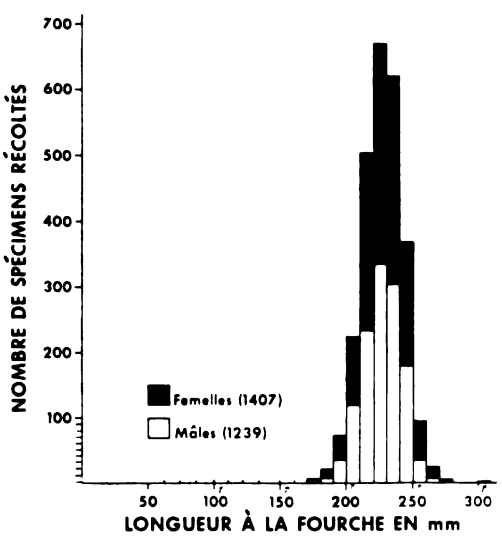


Figure 1. Histogramme de fréquences suivant la longueur des *Morone chrysops* capturés dans le Saint-Laurent en 1954.

À partir des 200 spécimens dont connaissions la longueur totale nous avons calculé la même relatic fonction de cette longueur :

$$\log P = 3.1957 \log LT - 5.36458$$

Les écailles ont été utilisées po lecture de l'âge : la validité de méthode pour *Morone chysops* a ét montrée par Ward (1915). Étant d la grande homogénéité de notre éc tillonnage, nous avons jugé inutile c ployer toutes les écailles : nous a utilisé seulement celles de 957 s mens. Les écailles étaient exami avec un projecteur de profil Nikor grossissement x20 ; on mesurait d tement sur l'écran le rayon de l'éc et le rayon du dernier annulus. La r sentation graphique de la longueur fourche (LF) du poisson en fonctio rayon de l'écaille (R) est parfois courbe (Forney et Taylor, 1963), elle est souvent une droite (Van Oo 1942 ; Sigler, 1949 ; Priegel, 19 chez les bars blancs du Saint-La nous avons trouvé une relation lin entre LF et R agrandi 20 fois :

$$LF = 2.1835\ R + 80.545$$

C'est à partir de cette formule nous avons rétrocalculé la longueur fourche du poisson au moment d formation du dernier annulus.

À partir de ces derniers résulta en utilisant la formule (3), nous a estimé le poids des poissons au mo de la formation des divers annuli. L de de la croissance en poids a été plétée par le calcul du coefficien condition à partir de la formule :

$$C = \frac{P \times 10^5}{L^3}$$

Résultats

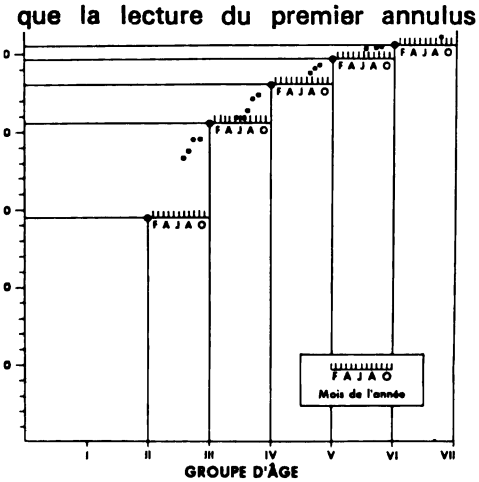
Le tableau I donne, pour ch groupe d'âge, la longueur à la fou

TABLEAU I

Longueurs à la fourche (en mm) des *M. chrysops* du Saint-Laurent aux différents groupes d'âge

Groupe d'âge	*N*	*Longueur à la fourche observée*		*Longueur à la fourche rétrocalculée*	
		Moyenne	*Extrêmes*	*Moyenne*	*Extrêmes*
II	39	190	174-207	146	133-186
III	651	215	202-235	205	178-225
IV	233	240	230-255	230	211-250
V	29	254	243-267	247	236-261
VI	5	264	260-269	257	254-261

surée sur le terrain (moyenne et rêmes) et la longueur à la fourche moment de la formation du dernier ulus. On remarque que l'âge I n'est porté sur ce tableau : une première son est que nous n'avions pas de ssons de groupe d'âge I dans notre antillonnage. Une deuxième raison que la lecture du premier annulus



igure 2. Croissance en longueur des *Morone 'sops* du Saint-Laurent. Les gros points re- entent les longueurs moyennes des poissons noment de la formation du dernier annulus. petits points représentent les longueurs ennes des poissons de groupes d'âge I à ux différents *mois de leur capture.*

sur les écailles était difficile à préciser de façon certaine et qu'il était donc hasardeux d'estimer la longueur des poissons du groupe d'âge I par rétrocalcul.

La figure 2 illustre la croissance des bars blancs dans le Saint-Laurent. On voit que la croissance est forte jusqu'à 3 ans et qu'elle diminue ensuite assez fortement ; bien que nous n'ayons pas de données à ce sujet, il est probable que le ralentissement de la croissance soit dû à l'acquisition de la maturité sexuelle comme cela a été observé dans le lac Winnebago (Priegel, 1971). On voit, d'autre part, que les bars blancs du Saint-Laurent ne dépassent pas 6 ans (avec une taille maximale de 260 mm) : nous avions cependant un spécimen de 310 mm mais les écailles récoltées étaient des écailles régénérées, donc illisibles.

La figure 2 donne aussi les longueurs moyennes des poissons aux différents mois de l'année, de juin à octobre ; le tableau II complète ces données. Nous voyons que la croissance semble généralement se faire surtout durant les mois d'août, septembre et octobre, sauf chez

TABLEAU II

Croissance saisonnière en longueur à la fourche (LF en mm) et en poids (P en g) des *Morone chrysops* du Saint-Laurent. N : nombre de spécimens

Mois	*Juin*			*Juillet*			*Août*			*Septembre*			*Octobre*		
Âge	*N*	*LF*	*P*	*N*	*LF*	*P*	*N*	*LF*	*P*	*N*	*LF*	*P*	*N*	*LF*	*P*
II				5	184	93	13	188	94	12	195	111	9	195	123
III	15	208	139	15	209	139	96	214	149	119	221	172	406	223	180
IV							17	237	206	46	240	223	170	242	233
V				1	253	253				3	254	273	25	255	279
VI													5	263	308

TABLEAU III

Poids en g des *M. chrysops* du Saint-Laurent aux différents groupes d'âge

Groupe d'âge	*N*	*Poids à la capture*		*Poids rétrocalculé*	
		Moyenne	*Extrêmes*	*Moyenne*	*Extrêmes*
II	39	105	73-136	42	29- 73
III	651	154	122-210	133	96-180
IV	233	221	185-283	194	155-223
V	29	268	230-328	250	214-302
VI	5	308	255-374	288	276-302

les poissons de groupe d'âge III chez lesquels la croissance est déjà très importante dès le mois de juin.

Le tableau III et la figure 3 représentent la croissance en poids des bars blancs du Saint-Laurent de la même façon que le tableau I et la figure 2 illustraient la croissance en longueur de ces poissons et ce sont un peu les mêmes observations que nous pouvons faire à leur sujet. Nous remarquerons seulement que les poissons les plus vieux (6 ans) pouvaient peser jusqu'à 374 g.

Le tableau IV donne les variations du coefficient de condition de juin à octobre, variations qui sont sensiblement les mêmes pour les mâles et les femelles. Ce coefficient est le plus bas en juillet; il remonte ensuite progressivement jusqu'à octobre.

TABLEAU IV

Variations du coefficient de condition ($C = P \times 10^5/L^3$) du mois de juin au mois d'octobre, chez les mâles et les femelles

Mois	Femelles		Mâles	
	N	*C moyen*	*N*	*C moyen*
Juin	11	1.48	4	1.54
Juillet	12	1.44	9	1.44
Août	84	1.47	20	1.46
Septembre	193	1.59	192	1.59
Octobre	224	1.65	259	1.64

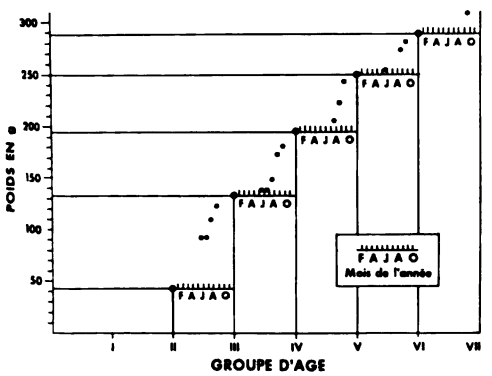


Figure 3. Croissance en poids des *Morone chrysops* du Saint-Laurent. Les gros points représentent les poids moyens des poissons au moment de la formation du dernier annulus. Les petits points représentent les poids moyens des poissons de groupes d'âge I à VI aux différents mois de leur capture.

Discussion

Comment expliquer d'abord les grandes fluctuations de populations de bars blancs dans le Saint-Laurent ? La plupart des auteurs qui ont étudié ces poissons signalent les mêmes fluctuations (Priegel, 1971) ; certains les expliquent par la plus ou moins grande abondance des différentes classes d'âge qui composent les populations (Van Oosten, 1942 ; Howell, 1945 ; Sigler, 1949). Il ne semble pas cependant que cette seule raison soit applicable aux bars blancs du Saint-Laurent. Nous pensons *plutôt que l'abon*dance plus ou moins grande dans le fleuve est due à une migration de ces poissons à partir des Grands Lacs ; cela expliquerait d'ailleurs la composition homogène et restreinte de l'échantillonnage fait en 1954.

La figure 4 permet de comparer la croissance en longueur totale des bars blancs du Saint-Laurent avec celle des

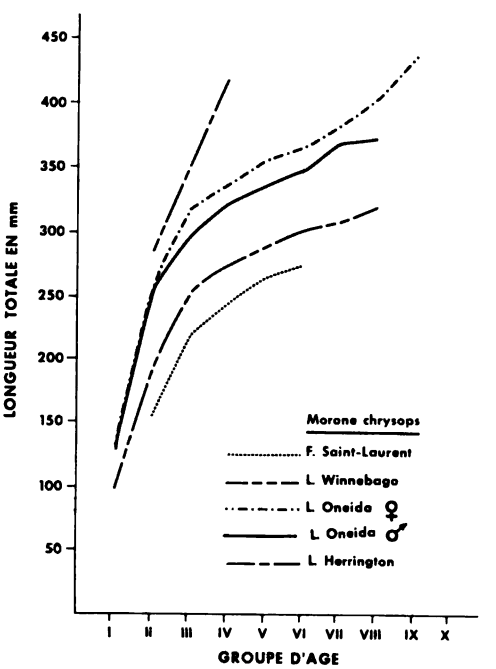


Figure 4. Croissance en longueur des *Morone chrysops* du fleuve Saint-Laurent, du lac Winnebago (Wisconsin), du lac Oneida (New York) et du lac Herrington (Kentucky).

bars blancs venant d'autres milieux ; du lac Winnebago, dans le Wisconsin (Priegel, 1971) ; du lac Oneida, dans l'État de New York (Forney et Taylor, 1963) et du lac Herrington dans le Kentucky (Tomkins et Peters, 1951). Nous remarquons d'abord que seuls Forney et Taylor (1963) ont observé une différence de croissance entre les mâles et les femelles. Nous remarquons ensuite que la croissance des bars blancs est d'autant plus rapide que la latitude à laquelle ils vivent est plus basse. Cette dernière règle s'applique d'ailleurs aux bars blancs provenant d'autres milieux que ceux portés sur la figure 4. Les *M. chrysops* du Minnesota (Moyle, 1952) ont une croissance faible comme ceux du fleuve Saint-Laurent ; les bars blancs du lac Spirit dans l'Iowa (Sigler, 1948), du lac Erié (Van Oosten, 1942), du lac Shafer dans l'Indiana (Riggs, 1953) ont sensiblement la même croissance que ceux du lac Oneida dans l'État de New York ; les bars blancs du lac Texoma, dans l'Oklahoma (Bonn, 1953 ; Jenkins et Elkin, 1957) et du réservoir Wheeler, dans l'Alabama (Howell, 1954) ont une croissance aussi rapide que ceux du lac Herrington, dans le Kentucky. Notons enfin que les plus gros spécimens du Saint-Laurent avaient une longueur totale de 340 mm, ceux du Wisconsin 386 mm, ceux du lac Oneida 442 mm.

Conclusion

Les bars blancs du fleuve Saint-Laurent près de Québec se trouvent près de la limite nord de leur aire de répartition. Leur croissance est assez faible si on la compare à celle des bars blancs qui vivent plus au sud, aux États-Unis principalement. Cela pourrait expliquer la difficulté que ce poisson aurait à s'installer dans la partie québécoise du fleuve Saint-Laurent.

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les biologistes de l'ancien Département des pêcheries du Québec qui ont participé à la récolte de ce matériel.

Références

BONN, E.W., 1953. The food and growth rate of young white bass (*Morone chrysops*) in lake Texoma. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 82 : 213-221.

FORNEY, J.I. and C.B. TAYLOR, 1963. Age and growth of white bass in Oneida Lake, New York. *N. Y. Fish Game J.*, 10 : 194-200.

HOWELL, H.H., 1945. The white bass in T.V.A. waters. *J. Tenn. Acad. Sci.*, 20 (1) : 41-48.

JENKINS, R.M. and R.E. ELKIN, 1957. Growth of white bass in Oklahoma. *Lab. Rep. Okla. Fish. Res.*, No. 60, 21 p.

MOYLE, J.B., 1952. Age and growth of fishes. *Minn. Conserv.*, 15 (86) : 14-17.

PRIEGEL, G., 1971. Age and rate of growth of the white bass in Lake Winnebago, Wisconsin. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 100 (3) : 567-569.

RIGGS, C.O., 1953. Studies of the life history of the white bass, *Lepibema chrysops* (Rafinesque) with special reference to Shafer Lake, Indiana. Ph.D. Thesis, University of Michigan, 224 p.

SIGLER, W.F., 1949. Life history of the white bass in storm lake, Iowa. *Iowa St. Coll. J. Sc.*, 23 : 311-316.

TOMPKINS, W.A. and M.M. PETERS, 1951. The age and growth of the white bass, *Lepibema chrysops*, of Herrington Lake, Kentucky. *Fish Bull. Kentucky Div. Game Fish.*, No. 8, 11 p.

VAN OOSTEN, J., 1942. The age and growth of the Lake Erie white bass, *Lepibema chrysops* (Raf.). *Pap. Mich. Acad. Soc.*, 27 : 307-334.

VLADYKOV, V.D., 1947. Nouveau bar (*Lepibema chrysops*) pour la province de Québec. *Naturaliste can.*, 74 (7-8) : 195-206.

WARD, H.C., 1951. Size records for white bass, *Lepibema chrysops* (Rafinesque) in Oklahoma. *Copeia*, 1951 : 95.

DOMINANCE AND MOVEMENTS OF WINTER FLOUNDER (*PSEUDOPLEURONECTES AMERICANUS*) AT ST. MARGARET'S BAY, NOVA SCOTIA [1]

C. D. LEVINGS [2]
Institute of Oceanography, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia

Résumé

Une étude sur la composition d'une communauté de poissons benthiques à une station peu profonde (17 m) de St. Margaret's Bay (Nova Scotia) a permis de capturer 14 espèces de poissons entre juin 1969 et juin 1971. Toutes les captures d'hiver étaient faibles. La Plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*), espèce dominante, représentait toujours au moins 70% de la biomasse et des nombres.

On y a fait l'étude des variations de structure à l'aide de l'indice H (richesse spécifique) et de l'indice J (uniformité). Ces deux indices n'ont pas varié selon la saison, *P. americanus* étant constamment l'espèce dominante, et les nombres d'individus et d'espèces variant simultanément.

Sur la foi de ces données limitées, on propose enfin que *P. americanus* émigre vers de plus faibles profondeurs pendant l'hiver, et non vers des profondeurs plus grandes, comme l'avaient noté d'autres auteurs pour certaines régions de la côte canadienne de l'Atlantique.

Abstract

The composition of a demersal fish community at a shallow station (17 m) at St. Margaret's Bay, N.S. was studied over the period June 1969 to June 1971. Thirteen species were encountered ; in winter the catches of all species were reduced. Winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) dominated the assemblage, and consistently accounted for over 70% of the biomass and numbers. The changes in the structure of the fish community during 1970 were studied by calculating indices of species richness (H) and « evenness » (J). It was observed that H and J did not vary seasonally. Evenness did not change because *P. americanus* consistently dominated the community. Species richness remained about the same because the number of species and number of individuals changed simultaneously. On the basis of limited data, it is suggested that *P. americanus* from the study area migrate to shallow waters in winter, rather than offshore as reported in other areas of the Canadian Atlantic coast.

Introduction

The present study provides evidence at winter flounder (*Pseudopleuronectes nericanus*) dominates an inshore community of demersal fish in St. Margaret's Bay (SMB), Nova Scotia. Attention is focused on the winter emigration of *P. americanus* since Richards (1963) and Tyler (1972) noted that demersal fish

[1] Based on a section of a thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the ı.D. degree at Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia.

[2] Present address : Fisheries Research Board of Canada, Pacific Environment Institute, 4160 arine Drive, West Vancouver, B.C.

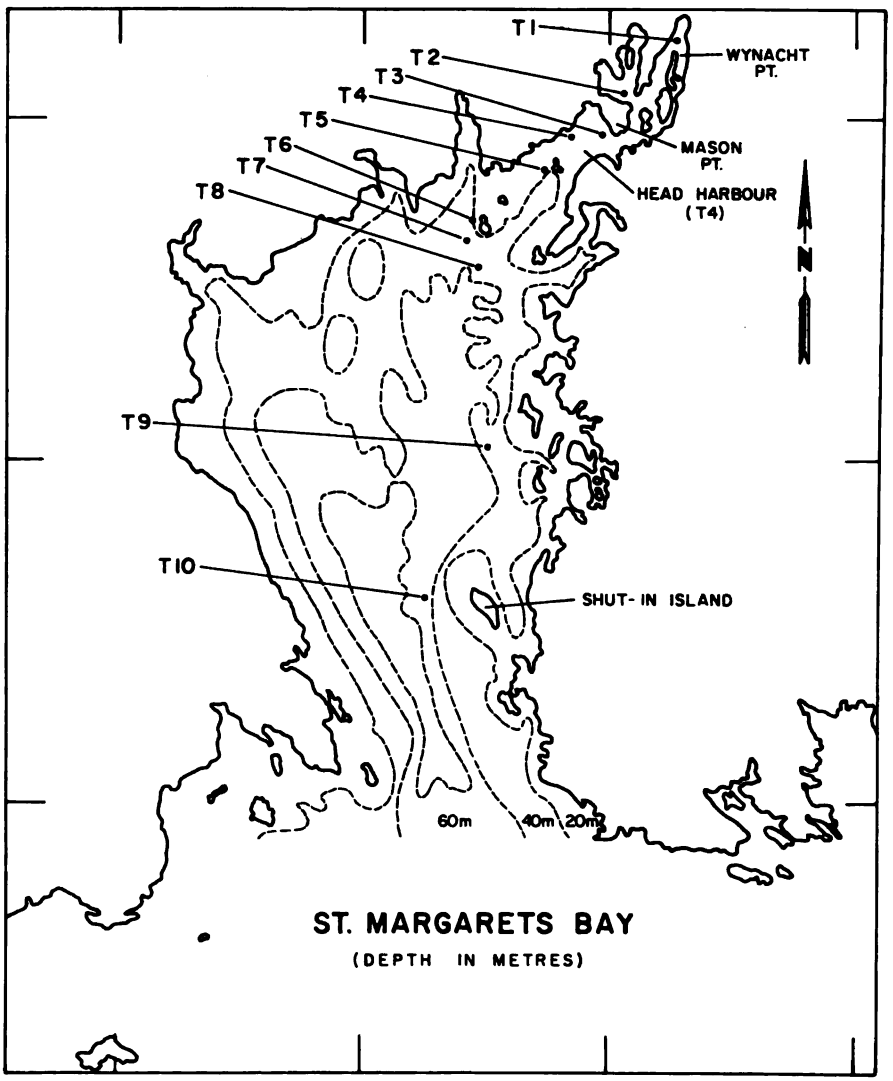


Figure 1. Bathymetric chart of St. Margaret's Bay, Nova Scotia, showing sampling locations (T1 to T10).

communities can be modified by the movement of a dominant species. Some new information on the migration of winter flounder in relation to seasonal temperature changes is presented. The research was carried out in conjunction with other studies, which investigated the influence of predation by *P. americanus* on temporal changes in the structure of a benthic community (Levings, *1972).*

Sampling methods

SAMPLING PATTERN

The majority of the samples were obtained at Head Harbour (Fig. 1, Stn. T4 which is the seaward extension of the shallow inlet system forming the « head of St. Margaret's Bay, Nova Scotia. The depth at Head Harbour is 17 m, and the bottom type was soft mud. Samples we

TABLE I

Species richness (H) and « evenness » (J) calculated from fish catches at Head Harbour in 1970. Subscript key : n = numerical data ; b = biomass data

Date		H_n	J_n	H_b	J_b	*Number of Species*	*Number of Hauls*
	24 *	—	—	—	—	0	2
	2	0.66	.76	0.68	.87	2	2
	2 *	—	—	—	—	0	2
:h	4	0.47	.80	0.96	.99	2	1
:h	24	0.68	.57	0.61	.39	2	1
:h	24 *	—	—	—	—	0	1
l	11	0.41	.36	0.96	.61	2	2
	9	0.72	.30	0.96	.37	6	1
ı	10	0.75	.33	1.22	.52	5	1
ı	18	1.31	.62	1.38	.59	5	2
ı	26	1.23	.48	1.18	.46	7	1
	16	1.05	.46	1.14	.49	5	1
	29	0.62	.32	0.78	.39	4	1
.	21	0.75	.34	1.17	.50	5	1
.	28	1.72	.79	1.62	.70	5	1
t.	3	1.32	.49	1.33	.47	7	1
t.	16	1.49	.50	1.64	.51	9	1
	16	0.82	.29	0.93	.36	6	1
.	20	1.06	.43	1.38	.53	6	1
.	16	1.20	.71	1.56	.81	4	2

licates hauls were omitted from statistical analysis for changes in H and J.

ıined at Head Harbour at least once ·y month over most of the period ə 1969 to June 1971 (Table I). On ain occasions in January and Febru- ice cover at Head Harbour made ıpling impossible. At these times ıples were obtained at a very similar ion (Fig. 1, Stn. T5). Preliminary lies in the *summer of 1969* included a survey along a depth gradient extending from Wynacht Point (2 m) near the end of the shallow inlet system to Shut-in Island (66 m) at the seaward end of SMB. Some stations on this transect were also sampled during the winters of 1970 and 1971 in attempts to locate stocks of winter flounder which had emigrated from Head Harbour.

SAMPLING GEAR AND DIMENSIONS

Samples were obtained using a small otter trawl towed at 3.6 km/hr. Bakken (1968), on the basis of observations by divers, determined the effective width of this net to be 9.2 m. Hauls were standardized at 5 min. duration, and each haul covered approximately 2840 m^2 of the bottom. A vessel of 12.6 m length and 173 horsepower *(M/V WHIP THE WIND)* was used for towing.

Samples in 1969 were taken with a 7.35 cm mesh net, and all subsequent samples were obtained with the same net equipped with a 1.27 cm mesh liner.

Temperature data were obtained with a bathythermograph, and water samples for salinity determination were obtained with Knudsen bottles.

Laboratory procedures

BIOMASS ESTIMATES

Fish were measured to the nearest centimeter in total length, and length-weight relationships were used to estimate biomass in grams wet weight/m^2. The length-weight relationship for winter flounder was derived from a sample of over 200 fish obtained at Head Harbour on September 16, 1970. The length-weight relationship for *P. americanus* was found to be : wet weight (g) = .54430 $\times$ length $(cm)^{2.90}$. Length-weight relationships found in the literature were utilized for other species :

Hippoglossoides platessoides
Bakken, MS, 1968

Tautogolabrus adspersus
Johansen, 1925

Scophthalmus aquosus
Moore, 1947

Hemitripterus americanus
Kohler *et al.*, 1970 (Table 187)

Urophysis chuss
Kohler *et al.*, 1970 (Table 157)

Merluccius bilinearis
Kohler *et al.*, 1970 (Table 171)

Limanda ferruginea
Kohler *et al.*, 1970 (Table 140)

Raja erinacea
Kohler *et al.*, 1970 (Table 189)

Raja ocellata
Kohler *et al.*, 1970 (Table 189)

Macrozoarces americanus
Kohler *et al.*, 1970 (Table 190 B)

Raja radiata
Kohler *et al.*, 1970 (Table 189)

Gadus morhua
Kohler *et al.*, 1970 (Table 13)

Myoxocephalus octodecemspinosus
Kohler *et al.*, 1970 (Table 185)

STATISTICAL TREATMENTS

Data collected in 1969 are not strictly comparable to those collected subsequently, because the net used in that year was not equipped with a small mesh liner. The statistical treatment of data was therefore restricted to samples collected from January to December 1970. The data for biomass and numbers were normalized by a $\log_{10}$ $(x + 1)$ transformation, and subjected to analysis of variance.

The diversity indices utilized in this study are those outlined by Pielou (1969). Five samples, which yielded no specimens at all (January to March), were omitted from the analyses.

The first index, known as H and expressed in bits per individual, is used to

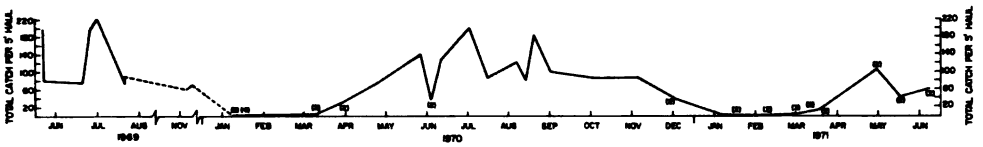


Figure 2. Number of fish per 5 minute haul at Head Harbour over the period June 1969 to June 1971. Numerals near data points indicate number of hauls over which a daily mean was calculated.

represent « species richness » in samples. Values of H are meant to impose a scale of uncertainty in the samples, so that larger values of H reflect a greater difficulty in predicting what species any particular individual will belong to. H is calculated from the working formula :

$$H = \frac{1}{N} \left(\log_e N! - \sum_{i=1}^{s} \log_e n_i!\right),$$

where N is the total number of individuals per sample, n_i is the number of individuals in species i, and s is the total number of species in the sample. The second index, known as J, is utilized as a measure of « evenness » ; that is, the manner in which the total number of individuals are divided among the species. It is calculated from the working formula $J = H/\log_e s$.

Seasonal changes in diversity indices were analyzed statistically using analysis of variance and the non-parametric r-test (Siegel, 1956).

Results

SEASONAL TRENDS IN ABUNDANCE AT HEAD HARBOUR

Graphical analyses (Fig. 2) indicated that a change in abundance occurred in April, so analysis of variance was applied to data from January to December, and from April to December. The original data which were utilized in these tests are presented elsewhere (Levings, 1972).

The biomass and numbers of winter flounder greatly exceeded the other species (Fig. 3), and in 1970 *P. americanus* accounted for 76.5% of the total numbers. The total number of fish per haul and biomass varied from January to December, because of the marked decrease in catches in mid-winter :

Data tested	*F ratio*	*Degrees of freedom*
Total number per haul	15.28 **	11, 15
Total biomass	15.46 **	11, 15

** indicates p = 0.01

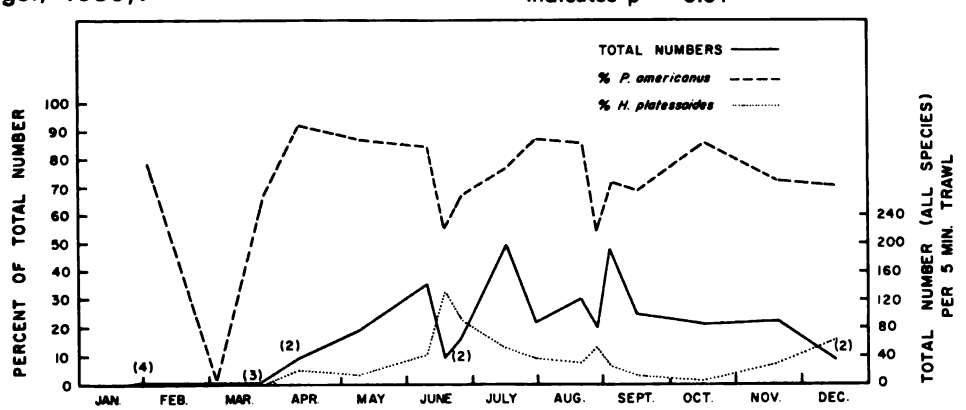


Figure 3. Number of fish per 5 minute haul at Head Harbour in 1970. Numerals near data points indicate number of hauls which were used in calculating a daily average. Percentages of *P. americanus* and *H. platessoides* are also shown.

The number per haul and biomass of all species combined did not vary significantly during the period April to December. Analyses were performed with values for *P. americanus* removed, to determine if the lack of variation was related to the dominance of winter flounder. In such analyses, biomass and total catch per haul did not vary in a statistically significant manner :

Data tested	*F ratio*	*Degrees of freedom*
Total number per haul	1.15 N.S.	8, 8
Total biomass	1.17 N.S.	8, 8
Total number per haul minus *P. americanus* data	1.92 N.S.	8, 8
Total biomass minus *P. americanus* data	2.29 N.S.	8, 8

N.S. indicates $p > 0.05$.

These results indicate that the numbers of the other species changed in accordance with the abundance of *P. americanus*.

CHANGES IN DOMINANCE WITH DEPTH

P. americanus clearly dominated the catches in the inshore zone, and the standing crop of winter flounder increased as depth decreased. For example, the biomass of *P. americanus* in the shallow inlets (± 5 m) northeast of Mason Point (Fig. 1) was estimated from 9 hauls made during June to September, 1969. The standing crop was estimated at 119 ± 22 kg (wet weight) per hectare. At Head Harbour (17 m), the standing crop of winter flounder averaged 67 ± 20 kg per hectare over the period April to December 1970 (17 hauls).

Data collected at the transect stations were used to calculate the average biomass for flounder and plaice by 10 m depth zones. These values were summed to yield a figure for the average total *biomass on the transect*. Using these

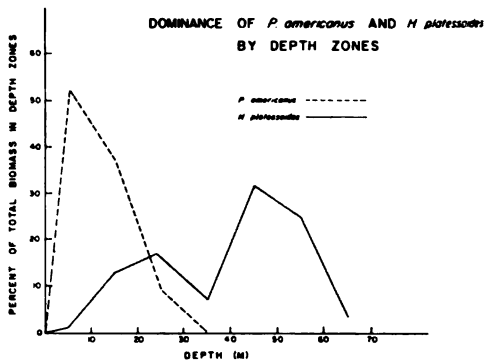


Figure 4. Percentage of biomass (g wet weight/m^2) by depth zones for *P. americanus* and *H. platessoides* in St. Margaret's Bay. The average total biomass on the transect was 21.53 g/m^2 for *P. americanus* and 16.91 g/m^2 for *H. platessoides*.

data, and the average biomass for the two species in each depth zone, an estimate of the « percentage occupancy » of the bathymetric range was calculated (Fig. 4). The peak in biomass for *P. americanus* occurs in the 0 to 10 m depth zone, and for *H. platessoides* in the 40 to 50 m depth zone.

SEASONAL CHANGES IN DIVERSITY INDICES

The changes in number of species and diversity indices are shown in Table I. The number of species changed over the period January to December, and reached a peak of 9 species in September. Species richness (H) and « evenness » (J) did not vary in a statistically significant manner :

Data tested	*F ratio*	*Degrees of freedom*
H (biomass data)	1.65 N.S.	10, 8
J (biomass data)	1.61 N.S.	10, 8
H (numerical data)	2.18 N.S.	10, 10
J (numerical data)	1.80 N.S.	10, 10
Number of species	12.45 **	11, 15

N.S. indicates $p > 0.05$
** indicates $p = 0.01$

Non-parametric tests (r test ; Siegel, 1956, p. 52) supported these results.

Discussion

FECT OF DOMINANCE BY *P. :ANUS* ON MEASUREMENTS OF FISH JNITY STRUCTURE

lack of seasonal variation in H can be related to the dominance *ımericanus* in the fish community. ness » (J) did not change sea- / because *P. americanus* dominated tches throughout the year. H did ıange seasonally because number ıcies and abundance of *P. amer-* changed simultaneously, even ı maxima in number of species ıbundance were separated by a or so.

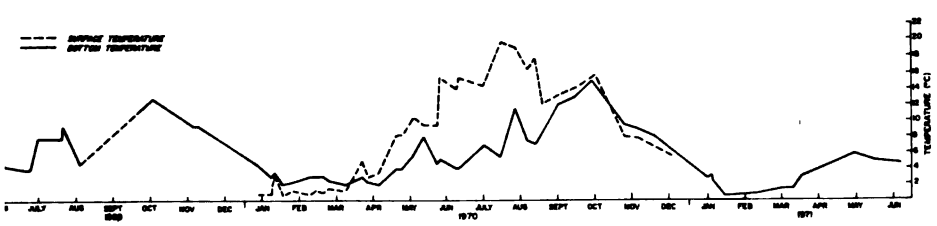
lberg and Odum (1970) concluded ɜasonal changes in the species di- ' of the fish communities of a a estuary were not as marked as ɜs in « evenness », which was dis- seasonally by an influx of juve- The authors used a comparison of ɔs (mean squares) from their ana- ɔf variance results to reach this sion. If a similar comparison is in the present study, the opposite sion is reached. Adult *P. amer-* (average length 29 cm) consis- accounted for a high proportion ı catches from Head Harbour, so ness » remained about the same throughout the year. Richards) observed changes in a com- ' of inshore demersal fish in England, and she related these ıtions to movements of juveniles of other species at times when *P. americanus* accounted for a small proportion of the catch. In the present study, an influx of juveniles of any species was not observed. During April to December, adult *H. platessoides* generally ranked second in abundance but never attained sufficient abundance to counteract the effect of *P. americanus* on « evenness » calculations.

There may be some year-to-year variation in the ratio of *P. americanus* to *H. platessoides*, however. In 1969, the average biomass of *H. platessoides* at Head Harbour was 3.53 g/m^2, whereas in 1970 it was 1.31 g/m^2, which was significantly different ($t = 2.69$; $p = 0.05$). The mean biomass of *P. americanus*, however, did not differ significantly between the years (9.56 g/m^2 vs 6.73 g/m^2 ; $t = 0.47$; $p > 0.05$).

Head Harbour appears to be at a transitional zone, where populations of a shallow-water and a deep-water dominant species overlap. The area may represent a site to study dominance in relation to niche theory and feeding strategies. Dominance is an expression of ecological inequalities arising out of different exploitation strategies (McNaughton and Wolf, 1970).

THE EMIGRATION OF WINTER FLOUNDER FROM HEAD HARBOUR

The departure of most *P. americanus* from Head Harbour occurred as a gradual withdrawal in autmun, and was not linked



ɜure 5. Bottom temperatures (°C) at Head Harbour (17 m), June 1969 to June 1971. temperatures for 1970 are also shown.

closely to the sharp temperature decline in late fall (Fig. 5). Their return, in strength, in late March or early April, occurred before bottom water began to warm significantly, so it is unlikely that their migration was triggered by temperature response. Bottom salinity showed little variation (average 30.73‰ ; s.d. = .64) and thus is unlikely to be important. McCracken (1963) suggested that some *P. americanus* populations of the Nova Scotia coast move to deeper, warmer waters in mid-winter. The present study presents little evidence to verify this movement in SMB. This is expected because a comparison of winter temperature data from bottom water at Head Harbour and the deeper part of the Bay (Sharaf el Din *et al*, MS, 1970) suggests that the bottom water of SMB is almost isothermal during January to March. There is also little evidence for higher catches of *P. americanus* on the Scotian Shelf (Halliday, pers. comm.), where bottom temperatures in winter are higher in some areas. Thus, there is little evidence to suggest that *P. americanus* leave the inshore zone of SMB in winter.

Some evidence, based on sampling near Wynacht Point (Stn. T1 ; 2 m) on April 2, 1971, indicates that *P. americanus* from Head Harbour move into the extremely shallow waters of SMB in mid-winter. At this time, catches of *P. americanus* at Station T1 were ten times higher than those at Head Harbour. Bottom temperatures were similar (2°C) at both locations. The length distribution of the samples at Stn. T1 showed a distinct mode at about 29 cm, which approximates the average length of *P. americanus* in most samples from Head Harbour. As the spring progressed, the *P. americanus* catches at Head Harbour increased, and the fish spawned in April and May, as they had in 1970. It is suggested that *P. americanus* spawn and feed (see Levings, MS, 1972) at Head Harbour, and gradually return to shallow waters for over-wintering. The *P. americanus* at Head Harbour represent the seaward extension of a population which has its centre of abundance in shallow waters.

Acknowledgements

The majority of the vessel time for this study was generously provided by the Fisheries Research Board of Canada, Marine Ecology Laboratory, Dartmouth, Nova Scotia. Dr. R. Halliday, Fisheries Research Board, St. Andrew's, N.B. kindly informed me of his unpublished catch data from the Scotian shelf. Dr. E. L. Mills, Institute of Oceanography, Dalhousie University, Halifax, N.S., financed several sampling trips. The manuscript greatly benefited from reviews by Drs. L.M. Dickie and J.G. Stockner.

References

BAKKEN, E., 1968. Population dynamics of the American plaice (*H. platessoides*) in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. Unpublished manuscript, Marine Ecology Laboratory, Dartmouth, N.S.

DAHLBERG, M.D. and E.P. ODUM, 1970. Annual cycles of species occurrence, abundance, and diversity in Georgia estuarine fish populations. *Am. Midl. Nat.*, 83 : 382-392.

JOHANSEN, F., 1925. Natural history of the cunner, *Tautogolabrus adspersus* (Walbaum). *Contr. Can. Biol.* (N.S.), 2(17) : 423-468.

KOHLER, A.C., D.N. FITZGERALD, R.G. HALLIDAY, J.S. SCOTT and A.V. TYLER, 1970. Length-weight relationships of marine fishes of the Canadian Atlantic region. *Tech. Rep., Fish. Res. Bd Can.*, No. 164, 220 p.

LEVINGS, C.D., MS 1972. A study of temporal change in a marine benthic community, with particular reference to predation by *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum). Ph.D. thesis, Dalhousie University, Halifax, N.S.

McNAUGHTON, S.J. and L.L. WOLF, 1970. Dominance and the niche in ecological systems. Science, 167 : 131-139.

McCRACKEN, F.D., 1963. Seasonal movements of the winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum), on the Atlantic Coast. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 20(2) : 551-585.

MOORE, E., 1947. Studies on the marine resources of New England. VI. The sand flounder, *Lophopsetta aquosa* (Mitchell) ; a general study of the species with special emphasis on age determination by means of scales and otoliths. *Bull. Bingham oceanogr. Coll.*, 11 (3) : 1-79.

PIELOU, E.C., 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, Toronto, 286 p.

RICHARDS, S.W., 1963. The demersal fish population of Long Island Sound. I. Species composition and relative abundance in two localities, 1956-57. *Bull. Bingham oceanogr. Coll.*, 18 : 5-31.

SHARAF EL DIN, S.H., E.M. HASSEN and R.W. TRITES, MS, 1970. The physical oceanography of St Margaret's Bay. *Tech. Rep., Fish. Res. Bd Can.*, No. 219, 242 p.

SIEGEL, S., 1956. Nonparametric statistics. McGraw-Hill, Toronto, 312 p.

TYLER, A.V., 1972. Periodic and resident components in communities of Atlantic fishes. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 28 (7) : 935-946.

aliste can., 100 : 347-354 (1973).

EFFETS D'UN CHOC THERMIQUE SUR L'INSECTE *MYZUS PERSICAE*
I. INFLUENCE D'UN TRAITEMENT THERMIQUE PRÉALABLE

Lucien Max DE REGGI [1]
Section de biologie générale et appliquée, 43, Boulevard du 11 novembre 1918, 69 - Villeurbanne, France

Résumé

Il a été observé chez des adultes de *Myzus persicae* que les effets à terme d'un choc thermique, soit une exposition d'une heure à 38.6°, sont atténués lorsque les insectes sont au préalable placés à la limite supérieure de la zone thermique de l'espèce (30°). L'observation porte sur la survie des individus traités, la fécondité des survivants et la présence d'anomalies dans leur descendance. Des chocs thermiques à la fois plus brefs et plus intenses donnent lieu au même phénomène. Ainsi, une exposition de 5 mn à 40° accroît de façon immédiate et durable le temps de survie de *Myzus persicae* à 43°. Le déterminisme de cette thermotolérance acquise doit être recherché au niveau d'organisation sub-cellulaire. Son rôle écologique est discuté. Par ailleurs, l'évolution avec l'âge de la durée de survie de *Myzus persicae* à cette température nous amène à établir un parallèle entre les effets du traitement thermique d'une part et de l'âge d'autre part.

Abstract

A lethal temperature (30°) applied to Aphids for 1 or 24 hours decreases the effects of a thermal stress (1 hour at 38.6°) on survival, fecundity and teratologic effect. On the other hand a very short exposure at a high temperature (5 min. at 40°) immediately increases the survival time at 43°. The mechanism of this phenomenon is to be found at a sub-cellular level. Its ecologic role is discussed. The evolution of survival time of *Myzus persicae* at 43° with aging leads us to correlate the effects of thermal treatment and age.

Introduction

ous avons pu constater (De Reggi, 8) que les effets physiologiques choc thermique sur le puceron *My- persicae* ne sont pas nécessairement ıis dès la fin du traitement, mais ıent dépendre, dans une large me- , de l'environnement thermique dans el l'insecte est placé postérieure- t. Ce phénomène s'explique par l'ac- de la température sur les cinétiques ectives du facteur létal et du processus de restauration, donc sur l'efficacité de la restauration.

Nous considérons ici, à l'opposé, l'influence de l'environnement thermique antérieur au traitement. Nous savons déjà que la résistance de l'insecte à la chaleur est accrue par une élévation de la température d'élevage, qui peut être relativement brève (Baldwin, 1954 ; Mellanby, 1954 ; House *et al.*, 1958 ; Bowler et Hollingworth, 1966). Un phénomène du même ordre a été décrit chez

resse actuelle : Centre d'études et de recherches sur les macromolécules organisées, Univer- ś scientifique et *médicale, B.P. 53,* Centre de Tri, 38041 — Grenoble Cedex, France.

d'autres arthropodes (Edney, 1964), ainsi que chez des organes végétaux isolés (Schroeder, 1963 et 1967), où il a été observé qu'un premier choc thermique de quelques minutes a un effet protecteur à l'égard d'un choc ultérieur.

Nous avons examiné chez *Myzus persicae* certains aspects de cette thermotolérance acquise en faisant intervenir deux types de traitement préalable, dont les conséquences sont observées sur les effets physiologiques immédiats ou différés du traitement thermique principal. Nos observations nous amènent à discuter le double problème du déterminisme de ce phénomène et de ses rapports avec le phénomène général d'acclimatation, donc de son rôle écologique.

Matériel et méthodes

Des femelles parthénogénétiques et aptères de *Myzus persicae,* élevées sur feuilles de chou (De Reggi, 1972) subissent au début de l'âge adulte deux séjours successifs à des températures anormalement élevées, de manière à déterminer dans quelle mesure le premier modifie les effets du second.

Deux modalités différentes ont été envisagées, qui se distinguent par la nature du traitement thermique préalable. Dans le premier cas la température d'élevage des insectes est élevée, avant le traitement, à un niveau intermédiaire. Dans le second cas, les pucerons subissent deux traitements successifs, de nature comparable.

INFLUENCE D'UN SÉJOUR À UNE TEMPÉRATURE INTERMÉDIAIRE

Au terme de leur développement larvaire, les pucerons sont répartis en trois lots comprenant chacun 45 individus. Dans un premier temps, la température d'élevage des insectes, exception faite *du troisième lot, est* portée à 30°, c'est-à-dire à la limite supérieure de la zone thermique de l'espèce. En effet, les adultes de *Myzus persicae* placés à cette température montrent une diminution brutale de leur fécondité au bout de trois jours, tandis que dans leur descendance apparaissent des anomalies morphologiques, en proportion croissante (Delmas, 1967).

La durée du séjour à 30° est de une heure pour le premier lot et de 24 heures pour le second. Au terme de cette période les pucerons sont séparés de la plante et placés pendant une heure dans une étuve à 38,6°C, selon une technique détaillée par ailleurs (De Reggi, 1968). Les effets physiologiques de ce traitement sont observés au cours des six jours qui suivent. Les observations précédentes ont en effet montré que, passé ce délai, la mortalité consécutive au traitement est entièrement révélée (De Reggi, 1968). On considère, à l'intérieur de chacun des trois lots, les variations journalières du pourcentage de survivants, la fécondité moyenne par femelle survivante et le pourcentage de nouveau-nés présentant des anomalies caractéristiques. Le pourcentage des survivants est obtenu après correction de la mortalité observée, en fonction des témoins de même âge ayant subi les mêmes manipulations, exception faite de tout traitement. L'expression utilisée est la suivante :

$$P_c = \frac{P_o - P_t}{1 - p_t}$$

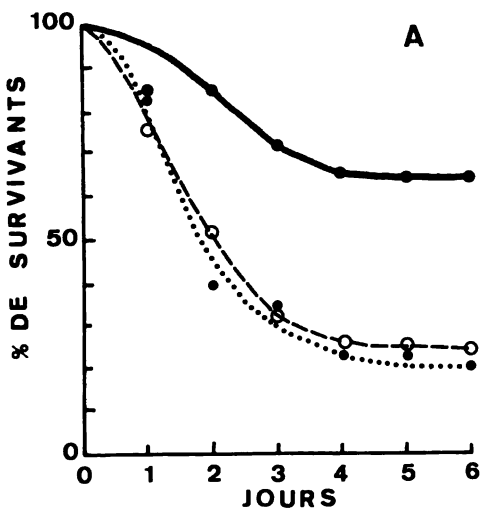
où P_c est le pourcentage corrigé de morts, P_o le pourcentage de morts observé après traitement et P_t le pourcentage des témoins morts.

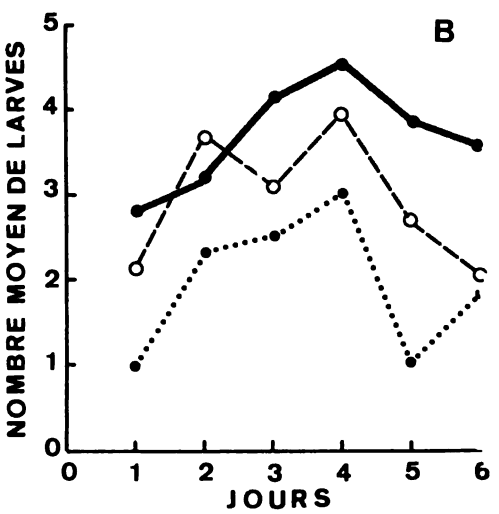
INFLUENCE D'UN CHOC THERMIQUE PRÉALABLE

Le traitement préalable est un séjour de 5 mn à 40°. Il se fait par immersion

des insectes, enfermés auparavant dans une boîte grillagée, dans une bain thermostaté. Le retour à la température d'élevage se fait par immersion à 19°. Les témoins subissent les mêmes manipulations et sont immergés dans le même temps, mais toujours à 19°. À l'issue de ces opérations et dans l'attente du second choc thermique, les pucerons sont replacés dans les conditions de l'élevage (19°). L'intervalle minimum séparant les deux traitements est de 4 heures. Nous avons également considéré des intervalles plus longs, soit 1, 2, 4, 6, 10 jours.

Le second traitement est un séjour prolongé à 43°C. Les pucerons sont alors introduits individuellement dans des tubes de verre plongeant dans un bain-marie. L'ensemble est conçu de manière à ce que les insectes puissent être observés, les uns après les autres, à l'aide d'une loupe placée à l'extérieur du récipient. À chaque tube est associé un dispositif d'enregistrement permettant de mesurer le temps de survie de l'insecte placé dans ces conditions, c'est-à-dire le temps qui s'écoule depuis l'introduction du puceron jusqu'à l'arrêt de ses mouvements.





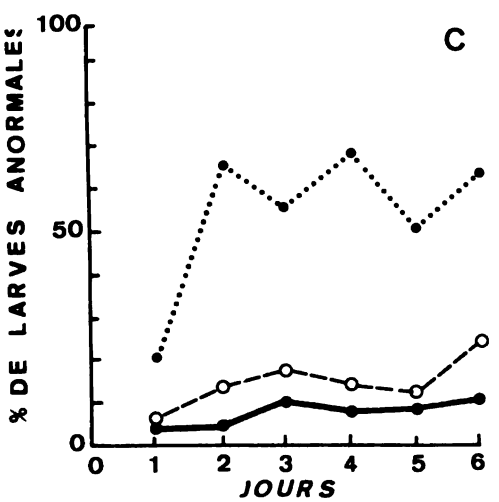


Figure 1. Pourcentage de survivants (A), fécondité moyenne (B) et pourcentage d'anomalies de la descendance (C) après un choc thermique, selon le traitement préalable.

O - - - O - - - O 1 heure à 30°

● —— ● —— ● 24 heures à 30°

● . . . ● . . . ● Pas de traitement préalable

Résultats expérimentaux

TRAITEMENT PRÉALABLE À 30°

L'élevage des pucerons à une température supérieure à la normale (30°) au cours des 24 heures qui précèdent leur exposition à 38.6° atténue les effets à terme du traitement. Comparativement aux témoins, qui ont subi le traitement thermique sans préparation, on observe en effet que la mortalité est plus faible, les survivants montrant une fécondité plus élevée, proche de la normale. Les larves issues de ces derniers ne présentent que de rares anomalies ; moins de 10% des nouveau-nés sont atteints, contre plus de 50% chez les témoins (fig. 1).

Lorsque la durée du séjour préalable à 30° est ramenée à une heure seulement, l'effet de protection à l'égard du traitement thermique est diversifié, selon le caractère considéré. La mortalité est, dans ce cas, aussi importante que chez les témoins, mais la descendance des survivants ne contient qu'un pourcentage relativement faible d'anormaux. En ce qui concerne la fécondité des individus traités, les conséquences de la réduction du traitement préalable sont nuancées, puisqu'elle est intermédiaire entre ce qui est observé précédemment, d'une part, et chez les témoins, d'autre part.

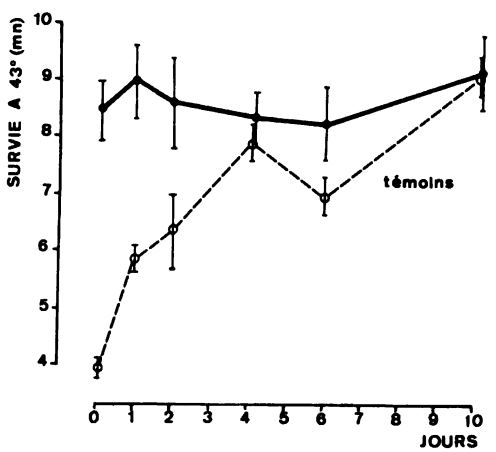


Figure 2. Durée de survie de *Myzus persicae* à 43°.

●—— ● —— ● traitement thermique préalable (5 mn à 40°)

O - - - O - - - O *témoins*

TRAITEMENT PRÉALABLE À 40°

L'étude du temps de survie des pucerons à 43°, représentée graphiquement dans la figure 2, amène deux constatations.

D'une part, on constate qu'en l'absence de traitement thermique préalable le paramètre mesuré subit d'importantes variations pendant la période d'observation, soit du 8ème au 18ème jour après la naissance. Cette évolution se traduit globalement par un accroissement très significatif de la résistance des pucerons, la durée de leur survie étant presque doublée.

D'autre part, les pucerons ayant subi un choc thermique de 5mn à 40° montrent dès la première observation, soit 4 heures plus tard, une résistance comparable à celle apparue progressivement chez les témoins. Des mesures effectuées encore plus tôt, soit de 5 à 60 mn après le traitement à 40° (intervalle imposé par les contingences matérielles) donnent un résultat statistiquement identique. Dans cette deuxième situation expérimentale les mesures ne varient pas de façon significative d'un jour à l'autre, comme le montre clairement la représentation graphique de l'intervalle de confiance des moyennes. En outre, la comparaison des variances entre traités et témoins (test de Snedécor) permet de conclure que le pré-traitement ne modifie pas de façon statistiquement significative la variabilité des mesures. Cela signifie qu'il ne fait pas apparaître d'hétérogénéité dans la population, tous les individus réagissant de façon comparable.

Le premier traitement thermique a donc pour effet d'entraîner un accroisse-

ment instantané (compte tenu du temps de latence imposé par les manipulations) et durable du temps de survie de *Myzus persicae* à 43°. Il s'ensuit que ce caractère se trouve stabilisé chez les individus traités. On note de plus que, au terme de l'expérience, tous les pucerons présentent la même résistance à la chaleur, qu'elle soit acquise à la suite du traitement à 40°, ou bien qu'elle soit apparue progressivement chez les témoins. Il est intéressant, dans ces conditions, de savoir si les effets de l'âge et ceux du traitement sont, ou non, additifs. Nous avons pu vérifier qu'il n'en est rien. Le tableau I montre effectivement que le séjour à 40° n'influence en aucune façon la survie à 43° des individus âgés.

TABLEAU I

Durée de survie à 43° de pucerons âgés (36 jours)

Témoins	10,2 ± 0,8 mn
Après un séjour de 5 mn à 40°	10,2 ± 1,1 mn

(intervalle entre les deux traitements : 4 heures)

Discussion et conclusions

Le mécanisme d'action du choc thermique ne diffère pas fondamentalement de celui d'autres agents spécifiques, physiques ou chimiques. Ainsi, conformément à la conception des lésions chromosomiques potentielles d'origine chimique (Rieger et Michaelis, 1965), on peut dire que les changements intervenus au cours du traitement thermique (effets immédiats ou lésions primaires) sont dans le cas général inaccessibles à l'observation et au moins partiellement réversibles. Il est alors logique de penser que ces lésions n'atteignent que certaines structures qui possèdent la double propriété d'être particulièrement sensibles à la chaleur et d'occuper une place privilégiée dans l'organisme. Elles constituent en quelque sorte la « cible » du traitement thermique.

Les lésions primaires sont à l'origine d'un processus, ou facteur létal, qui aboutit à la formation des lésions secondaires, le terme de lésions étant pris dans son acception la plus large. Ces dernières sont visibles, c'est-à-dire qu'elles se traduisent par la modification du paramètre physiologique ou anatomique considéré. Enfin, il s'installe un autre processus, qui entre en compétition avec le précédent et tend au rétablissement de l'état initial de l'organisme, le processus de restauration.

L'influence du traitement thermique préalable ne peut se faire sentir que sur le premier ou le dernier de ces trois termes. Cela signifie que son action ne peut s'expliquer que par l'atténuation des effets immédiats, donc par l'accroissement de la résistance de l'organisme, ou par une restauration plus efficace. Si l'intervention des processus de restauration est possible dans le cas où on observe les effets lointains du traitement, en revanche l'étude du temps de survie de *Myzus persicae* à 43° limite le traitement à ses effets immédiats, excluant cette hypothèse. Il faut alors admettre que la thermo-tolérance apportée par la première exposition à une température élevée tient aux modifications de la structure-cible, dont une des conséquences serait de lui conférer une plus grande stabilité.

Il existe sans doute plusieurs structures de ce type, puisque nous avons vu que les effets d'un pré-traitement modéré varient d'un caractère à l'autre, toutes étant probablement de nature protéique, bien qu'un parallèle ait pu être établi entre la résistance de l'insecte à la chaleur et le degré de saturation de ses lipides (Munson, 1953 ; House *et al.*, 1958). La molécule protéique est en

effet une structure dynamique, susceptible de prendre différents états touchant à son organisation secondaire et tertiaire ainsi qu'à l'environnement cytochimique de la molécule. Chaque changement d'état modifie la stabilité de l'édifice vis-à-vis des agents dénaturants, dont la chaleur. Il est significatif, à cet égard, que la résistance cellulaire acquise puisse s'étendre à des facteurs d'agression autres que la température (Alexandrov *et al.*, 1961).

À partir de la veination alaire de la Drosophile, Milkman (1963-1967) a décrit la cinétique d'une évolution de ce type, bien qu'on ne sache rien de la structure responsable et de ses transconformations possibles. L'analyse comparée des protéines d'organismes mésophiles et thermophiles devrait apporter dans ce domaine des renseignements importants. Selon Belehradek (1967), aucune différence de cette nature n'a été décelée. Cependant, chez *Bacillus stearothermophilus* (amylase) et *Ascaris* (collagène) il a été établi une relation entre la richesse en proline de la chaîne protéique et l'adaptation de l'organisme à la chaleur (Prosser, 1967). Mais l'analyse biochimique ne permet pas de déterminer les forces internes responsables de la thermostabilité. La détermination complète, à partir de la chaîne primaire, des énergies d'interaction entre atomes ou groupes d'atomes est impossible, bien que des efforts soient faits dans ce sens, au moyen d'une formulation empirique (Pain, 1971).

Par ailleurs, l'accroissement du temps de survie de *Myzus persicae* à 43° observé au début de la vie adulte nous conduit à établir un parallèle entre les effets du traitement thermique préalable d'une part, et le veillissement d'autre part. L'analogie entre les deux phénomènes se concrétise lorsqu'on sait que l'un exclut l'autre, puisque le pré-traitement est sans effet chez des pucerons âgés et, réciproquement, pendant la durée de notre observation le vieillissement ne modifie pas la résistance des individus pré-traités. Vieillissement et traitement thermique pourraient donc avoir une action convergente par le canal du même processus moléculaire, c'est-à-dire, si on admet l'hypothèse précédente, par la modification structurale de certains composants cellulaires de nature protéique leur conférant une plus grande stabilité.

Cela n'est pas en contradiction avec les renseignements de cet ordre que l'on possède. On sait que le vieillissement du rat amène la formation dans le collagène, de liaisons intra et inter-caténaires supplémentaires (Everitt *et al.*, 1970), ce qui a pour conséquence de rendre les fibres plus rigides et moins sensibles aux agents externes.

Dans les conditions naturelles, les mécanismes que nous venons d'examiner contribuent à l'adaptation de l'insecte, et des autres poëcilothermes, à leur milieu. En effet, mis à part de rares milieux privilégiés, les régimes climatiques font apparaître de fortes variations journalières et saisonnières au cours desquelles la température peut atteindre localement des valeurs très élevées, même sous un climat tempéré ou froid. Des relevés effectués à la surface dénudée de moraine d'altitude, par exemple, dans des conditions qui n'ont rien d'exceptionnel, indiquent des températures allant de 50 à 60° (Gates et Janke, 1961). Il est clair que ces conditions extrêmes, qui de toutes façons ne sont compatibles avec la survie de la faune et de la flore que dans la mesure où elles sont limitées dans le temps (Cloudsley-Thompson, 1965), ne s'établissent jamais sans être précédées de fluctuations de moindre amplitude susceptibles de jouer vis-à-vis des organismes vivants le rôle de pré-traitements.

ıs données de la littérature
: d'apprécier la réalité de ce
Schlachter et Chernokozheva
servent que la thermotolérance
emporaria s'accroît en été et
en même temps qu'un traite-
mique reste sans effet. La
à la chaleur de graminées
s (Feldman, 1967) augmente
ı température dépasse 38°.
ıt persister d'un jour à l'autre,
t à une adaptation progres-
suite de la répétition des élé-
: la température.

mple illustre la valeur adapta-
l'individu, de brèves élévations
pérature, le régime thermique
ıtervenant qu'indirectement en
ant l'acclimatation de la popu-
cours des générations succes-
effet, l'adaptation des lignées
habditis elegans aux tempéra-
ées serait due à la modifica-
sible ou non, de composants
iques transmissibles (Brun,
i pourrait faire intervenir des
ıts de leur structure tertiaire
ıaire intéressant le site actif.
s, les protéines modifiées, en
ux élévations de la tempéra-
rraient constituer les agents
des structures génétiques for-
: le lien entre le facteur physi-
ıe et le génome.

Références

)V, V. J., B. P. OVCHAKOV et
LJANSKY, 1961. La mort thermique
les par rapport au problème de l'a-
des organismes à la température
. *Sem. Hop. Pathol. Biol.*, 9 : 849-

W. F., 1954. Acclimatation and le-
temperatures for a parasitic insect.
Zool., 32 : 157-171.

:K, J., 1967. Intermolecular aspects
uctural stability of protoplasm at the
re extremes, p. 433-443. *In* A.S. Tro-
shin (ed.), The cell and environmental temperature (International Symposium on Cytoecology, Leningrad, 1963). Pergamon Press, New York and London, 462 p.

BOWLER, K. and M. J. HOLLINGSWORTH, 1966. A study of some aspects of the physiology of ageing in *Drosophila subobscura*. *Exper. Gerontol.*, 2 : 1-8.

BRUN, J., 1966. L'adaptation aux températures élevées chez un nématode : *Coenorhabditis elegans* Maupas 1900. Rôle des facteurs autres que la température dans le processus d'adaptation. *Annls Biol. anim. Biochim. Biophys.*, 6 : 439-466.

CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L., 1965. The lethal temperature of *Triops granarius* (Lucas) (Branchiopoda : Notostraca). *Hydrobiologia*, 25 : 424-425.

DELMAS, J. C., 1967. Contribution à l'étude des effets de la température chez un insecte : *Myzus persicae* (Homoptera Aphididae). Forme parthénogénétique et aptère. Thèse de 3ème cycle, Lyon.

DE REGGI, L. M., 1968. Survie de *Myzus persicae* (Aphididae) à un traitement thermique, selon la température post-opératoire. *Entomologia exp. appl.*, 11 : 372-378.

DE REGGI, L. M., 1972. Une méthode d'élevage du puceron *Myzus persicae*. Application à l'étude de l'influence de la photopériode et de la thermopériode sur la distribution des naissances. *Annls Zool. Ecol. anim.*, 4: 545-555.

EDNEY, E. B., 1964. Acclimatation to temperature in terrestrial isopods. I. Lethal temperatures. *Physiol. Zool.*, 37 : 364-377.

EVERITT, A. V., A. GAL and M. G. STEELE, 1970. Age changes in the solubility of tail tendon collagen throughout the lifespan of the rat. *Gerontologia*, 16 : 30-40.

FELDMAN, N. L., V. Y. ALEXANDROV, I. G. ZAVADSKAYA, I. M. KISLYVK, A G. LOMAGIN, M. I. LYVTOVA, A. JASKULIEV, 1967. Heat hardening of plant cells under natural and experimental conditions, p. 152-160. *In* A. S. Troshin (ed). The cell and environmental temperature. (International Symposium on Cytoecology, Leningrad, 1963), Pergamon Press, New York and London, 462 p.

GATES, D. M. and R. JANKE, 1965. The energy environment of the alpine tundra. *Oecol. Plant.*, 1 : 39-62.

HOUSE, H. L., D. F. RIORDAN and J. S. BARLOW, 1958. Effects of thermal conditioning and of degree of saturation of dietary lipids on resistance of an insect to high temperature. *Can. J. Zool.*, 36 : 629-632.

MELLANBY, K., 1954. Acclimatization and the thermal death point in insects. *Nature*, 173 : 582-583.

MILKMAN, R., 1963. On the mechanism of some temperature effects on *Drosophila*. *J. gen. Physiol.*, 46 : 1151-1170.

MILKMAN, R., 1967. Kinetics analysis of temperature adaptation in *Drosophila pupae*, p. 147-162. *In* C. L. Prosser (ed.), Molecular mechanisms of temperature adaptation. American Association for the Advancement of Science, Washington, D. C., 390 p.

MUNSON, S. G., 1953. Some effects of storage at different temperatures on the lipids of the American Roach and on the resistance of this insect to heat. *J. econ. Ent.*, 46 : 657-666.

PAIN, R. H. and B. ROBSON, 1971. Analysis of the code relating sequence to secondary structure in protein. *Nature*, 227 : 62-63.

PROSSER, C. L., 1967. Molecular mechanisms of temperature adaptation in relation to speciation, p. 351-376. *In* C. L. Prosser (ed.), Molecular mechanisms of temperature adaptation. American Association for the Advancement of Science, Washington, D. C., 390 p.

RIEGER, R. and A. MICHAELIS, 1965. Chemical induction of heat reversible potential lesions in *Vicia faba* chromosomes. *Nature*, 206 : 741-742.

SCHROEDER, C. A., 1963. Induced temperature tolerance of plant tissue in vitro. *Nature*, 200 : 130-132.

SCHROEDER, C. A., 1967. Induction of temperature tolerance in excised plant tissue, p. 61-72. *In* C.L. Prosser (ed.), Molecular mechanisms of temperature adaptation. American Association for the Advancement of Science, Washington, D. C., 390 p.

EFFETS D'UN CHOC THERMIQUE SUR L'INSECTE *MYZUS PERSICAE*
II. INTERACTIONS D'UN TRAITEMENT THERMIQUE ET DE L'ÂGE

Lucien Max DE REGGI [1]
Section de biologie générale et appliquée, 43, Boulevard du 11 novembre 1918, 69 - Villeurbanne, France

Résumé

On observe la durée de survie de *Myzus persicae* à 43°, selon l'âge. Elle est est de courte durée chez la larve, quel que soit le stade de développement : elle augmente dans de fortes proportions au cours des trois premiers jours de la vie adulte et, après quelques fluctuations, continue de croître chez les individus les plus âgés.

Par ailleurs, on observe la survie des pucerons après un séjour de 5 min. à 41°. L'observation est faite plusieurs jours après le traitement et porte donc, dans ce deuxième cas, sur ses effets différés. Les deux séries de mesures présentent à la fois un certain nombre d'analogies et de différences. Celles-ci permettent d'apprécier l'évolution des facultés de restauration de *Myzus persicae* avec l'âge. On constate qu'elles sont maximales chez la larve, puis décroissent. Il apparaît que cette décroissance n'est pas régulière, mais présente au moins deux périodes critiques. La première se situe de 12 à 16 jours après la naissance, c'est-à-dire chez les jeunes adultes, et la seconde au-delà du 30ème jour.

Abstract

We have determined the effects of a thermal treatment with aging of *Myzus persicae* : immediate effects (survival time at 43°) and delayed effects (percentage of survival 6 days after the stress, i.e. 5 min. at 41°).

The survival time at 43° is very short for larvae at any stage. It is three times longer during the first three days of the adult stage and then continues to increase in older insects. Delayed effects show similarities to and differences from the preceding results. This fact is due to the variations of the ability to repair which is maximum in larvae and decreases with age. This evolution is marked in the young adults (12 to 16 days after birth) and in the older individuals (more than 35 days).

Introduction

es facultés de restauration de l'insec-
orsqu'il est soumis à un rayonnement
sant, ont été mises en évidence par la
érence des effets d'une irradiation
ıë et d'une irradiation fractionnée, ou
ée dans le temps. Teulade (1964) définit ainsi le débit de dose efficace, qui est le débit de dose minimal, au-dessous duquel tous les effets de l'irradiation sont restaurés. Cette méthode ne peut pas être transposée directement à l'étude de la restauration après un choc thermique. Le facteur température, lorsqu'il est utilisé comme stress physique,

resse actuelle : Centre d'études et de recherches sur les macromolécules organisées, Univer-
é scientifique *et médicale, B.P. 53,* Centre de Tri, 38041 — Grenoble Cedex, France.

pose en effet un problème de quantification physiologique interférant avec la restauration (De Reggi, 1973 a). Nous savons cependant que les effets différés d'un choc thermique permettent d'apprécier les facultés de restauration de *Myzus persicae*, chez lequel nous avons pu constater que l'efficacité de la restauration est maximale aux températures moyennes (De Reggi, 1968).

Nous avons mis à profit cette situation pour l'étude de l'évolution des facultés de restauration avec l'âge, phénomène déterminant en matière de vieillissement (De Reggi, 1973 b). Nous avons donc déterminé, d'une part, les effets immédiats (en l'absence de restauration) et, d'autre part, les effets différés (après restauration) d'un traitement thermique, en fonction de l'âge des pucerons.

Matériel et méthodes

MATÉRIEL VIVANT ET MÉTHODE D'ÉLEVAGE

Myzus persicae est élevé sur feuilles de chou alimentées en eau et placées en enceintes climatiques. La température est de 19°, l'éclairement étant de 12 heures par jour (De Reggi, 1973). Le matériel d'expérience est obtenu en recueillant les larves déposées par 5 jeunes femelles, pendant 24 heures, sur une feuille vierge. Dans le cas où une plus grande homogénéité du groupe d'âge est nécessaire, en particulier pour l'étude de la période larvaire, cet intervalle est ramené à 12 heures. L'opération est répétée autant de fois que nécessaire. Les larves obtenues constituent un lot d'expérience et sont élevées ensemble jusqu'à l'âge désiré. Après le traitement, les pucerons ne peuvent se maintenir sur une feuille en position verticale. Ils sont alors placés par groupes de 10 environ, dans des boîtes de matière plastique transparente, contenant un fragment de végétal régulièrement renouvelé.

PROCESSUS EXPÉRIMENTAL

Le traitement thermique est appliqué selon deux modalités distinctes, suivant que l'on s'intéresse à ses effets immédiats ou différés.

Effets immédiats

Ils sont estimés par la mesure du temps de survie à 43°, selon une technique comparable à celle de Maynard-Smith (1957). La température a été choisie pour obtenir une survie de l'ordre de 5 mn chez des pucerons jeunes.

L'appareillage comporte une série de 15 tubes de verre plongeant dans un bain-marie. Leur extrémité immergée est renflée en une ampoule, dans laquelle un insecte est introduit. Les différentes cellules sont, par rotation, alternativement observées à l'aide d'une loupe sur pied. À cet ensemble est associé un dispositif d'enregistrement à plusieurs canaux. Un signal est émis manuellement au moment de l'introduction de l'insecte et un second à l'arrêt de ses mouvements. Le puceron est considéré comme mort lorsque ses membres antérieurs, les derniers en mouvement, ne sont plus agités que de frémissements, à l'exclusion de toute flexion ou extension de l'appendice.

Effets différés

Les pucerons subissent un choc thermique dont les effets définitifs sont mesurés plusieurs jours plus tard. Ils sont tout d'abord enfermés dans de petites cages constituées de grillage métallique. Celles-ci sont placées dans l'étuve d'élevage (10 mn), afin de stabiliser leur température, puis sont rapidement plongées dans un bain d'eau distillée à la température de 41° (5 mn). Le retour à

ırature d'élevage se fait par une immersion à 19° (1 mn). À l'is- cette dernière opération les pu- ont rapidement asséchés sur pa- e et sont aussitôt replacés dans es d'élevage. Les témoins su- les mêmes manipulations, mais ɜrature du bain est toujours de considère que la mortalité con- au traitement atteint sa valeur e 6 jours plus tard (De Reggi, On calcule alors le pourcentage vants, corrigé en fonction de la ; des témoins, selon l'expres-

$$P_c = \frac{P_o - P_t}{1 - P_t}$$

t le pourcentage de morts,

le pourcentage corrigé,

le pourcentage observé,

le pourcentage témoin.

ıesures ont été faites avec des ; dont l'âge s'échelonnait depuis ɜnce jusqu'à 41 jours (il n'a pas sible d'aller au-delà, en raison ıortalité qui atteint les pucerons ıge). Au total, 673 pucerons ont és au cours de la première ex- et 1750 au cours de la se- l est nécessaire de préciser que bes expérimentales ont été dé- ıs point par point, sans ordre chaque point étant la moyenne ɔins deux expériences indépen-

Résultats expérimentaux

E SURVIE À 43°

mps de survie des pucerons à servé dans les conditions défi- écédemment, varie selon leur 6.3 à 24.3 mn. La résistance la ble est observée chez les plus t, réciproquement, les plus âgés sont les plus résistants. Il y a donc acquisition progressive, avec l'âge, d'une forme de résistance à la chaleur.

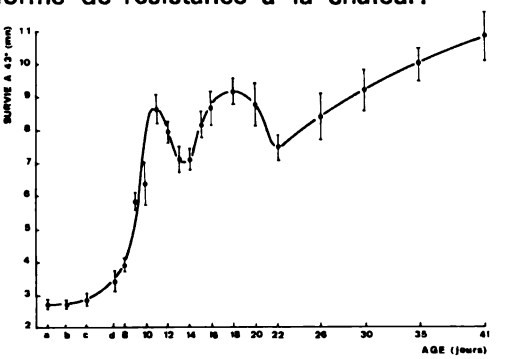


Figure 1. Durée de survie à 43° de *Myzus persicae*, en fonction de l'âge. Intervalle de confiance au seuil 5%. a, b, c, d : stades larvaires.

La figure 1 montre que cette progression n'est pas régulière. On remarque d'abord que, pendant la période larvaire, *Myzus persicae* est particulièrement sensible à l'élévation de la température. En effet, la période d'agitation qui suit l'introduction de la larve dans l'appareil prend fin rapidement, les appendices se replient et tous les mouvements cessent. Cet état de choses persiste pendant toute la période larvaire. Chez les adultes, il apparaît une seconde phase au cours de laquelle l'insecte s'agite faiblement, l'arrêt des mouvements étant progressif. Cela se traduit par une forte augmentation du temps de survie, lequel est triplé pendant les 72 premières heures de la vie adulte.

Par la suite, la courbe expérimentale présente un certain nombre de fluctuations. Après un premier maximum, à 11 jours, un second est atteint, le 18ème jour. Les pucerons âgés de 22 jours et plus, montrent des mouvements faibles et persistants, de sorte que le temps moyen de survie ne cesse de croître. Pendant cette dernière période, la dispersion des mesures est plus grande ; le coefficient de variation est constamment supérieur à 0.15, ce qui n'est pas

toujours le cas chez les plus jeunes. C'est la conséquence, en particulier, de l'apparition de valeurs remarquablement faibles. On peut en conclure que l'accroissement de la durée de survie des pucerons les plus âgés ne doit pas être attribué à la sélection, par mortalité, des plus résistants à la chaleur.

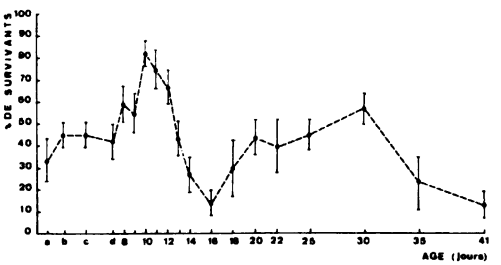


Figure 2. Pourcentage de survivants au traitement thermique (5 mn à 41°), en fonction de l'âge au moment du traitement. Intervalle de confiance au seuil 5%. a, b, c, d : stades larvaires.

POURCENTAGE DE SURVIE APRÈS UN CHOC THERMIQUE (5 MN À 41°)

Le pourcentage de survivants, observé 6 jours après un séjour de 5 mn à 41°, est également profondément modifié par le vieillissement des insectes. La figure 2 montre que, lorsque le traitement est appliqué à des larves, le pourcentage de survivants ne diffère pas significativement de 40%. Par contre, dans les jours qui suivent la mue imaginale, ce pourcentage augmente, pour atteindre 80% dix jours après la naissance. Lorsque l'âge des pucerons augmente, le pourcentage de survivants au traitement décroît fortement, jusqu'à un minimum de 15% qui est atteint 16 jours après la naissance. Par la suite, un second maximum est observé le 30ème jour et, enfin, les pucerons les plus âgés montrent une diminution du nombre de survivants, *de sorte que la* dernière valeur mesurée *est la plus faible.*

Discussion

Il y a lieu de considérer d'abord variations de la durée de survie de *zus persicae* à 43° et, d'autre part, d' miner comparativement les deux ph mènes observés.

DURÉE DE SURVIE À 43°, SELON L'ÂGE

Le temps de survie de *Myzus pers* à 43° augmente avec l'âge, traduisa fait que, lorsque l'insecte est pla cette température, la diminution et rêt de ses mouvements est rapide et tale s'il est jeune, lente et progre s'il est âgé. Par contre, la résistan la chaleur d'autres insectes, *Droso melanogaster* et *Tenebrio molitor* (lingsworth et Bowler, 1966 ; Bo 1967), décroît constamment au cour temps. La décroissance la plus ra s'observe au début de la vie adult que les auteurs interprètent comm disparition d'une tolérance therm pré-adulte. De même, chez d'autre sectes et avec des traitements de n différente, gaz carbonique (Legay et rayon, 1961) ou éther (Sillans, 196 a été montré que la résistance dé avec l'âge, rapidement dans une mière phase, puis plus lentement.

Cela ne signifie pas, cependant, y ait une totale opposition entre nos servations et celles faites chez d'a insectes. En effet, les données de l térature ne nous renseignent pas s résistance thermique comparée d larve et de l'adulte, les deux fo étant, dans les cas présentés, trop c rentes. Cette comparaison a, par co un sens chez *Myzus persicae,* où avons observé une thermosensibilité pre aux larves, qui disparaît au c des 3 premiers jours de la vie adult ce point de vue les pucerons ne pe donc être considérés comme phys giquement adultes que plusieurs après la mue imaginale. Cela ap

ment chez *Calliphora* (Tribe, 1966), les facultés de vol augmentent au de l'âge adulte. Chez la Droso- on observe dans les mêmes condi- une augmentation de la teneur des en glycogène (Williams *et al.*,), ou une activité accrue de l'al- déshydrogénase (Dunn *et al.*, 1969).

us savons, par ailleurs, que l'ac- ement de la durée de survie à 43° st observé au début de l'âge adulte être expérimentalement provoqué n traitement thermique préalable de à 40° (De Reggi, 1973 a). Nous alors envisagé la possibilité odifications conformationnelles de ures protéiques thermosensibles, le sens d'une stabilisation. Dans hypothèse, il faut admettre qu'une ication du même ordre intervient anément, au cours du temps. Le mène étant indépendant de la syn- protéique, on comprend qu'il puisse enir au stade adulte, donc en de- de la période de croissance.

ARAISON DES EFFETS IMMÉDIATS FÉRÉS DU TRAITEMENT THERMIQUE

deux séries d'effets présentent, leur évolution avec l'âge des pu- s, à la fois un certain nombre d'a- ies et de différences.

analogies s'expliquent aisément, ue les effets immédiats reflètent de l'organisme au moment du trai- t, lequel conditionne en partie la à terme des individus traités. On que que les points de similitude les deux courbes s'observent sur- chez les pucerons jeunes, c'est-à- hez les larves et au début de la dulte. La période larvaire se carac- par la stabilité de la durée de sur- 43°, comme du pourcentage de ants, les deux phénomènes évo- dans le même sens au cours des ers jours de vie adulte. *Par la suite*, on peut sans doute mettre en parallèle la décroissance des deux courbes à partir du 11ème jour. Par ailleurs le pourcentage relativement élevé de survivants observé chez les pucerons de 30 jours s'explique sans doute par la remarquable thermorésistance des individus âgés.

Les différences tiennent aux processus qui interviennent entre la fin du traitement et le moment où est faite l'observation. Elles tiennent donc à la restauration. On note que, pendant la période larvaire, la durée de survie à 43° est faible et le pourcentage de survivants au séjour à 41° est assez élevé, alors qu'inversement, les pucerons les plus âgés sont les plus résistants à la chaleur et néanmoins ne survivent que dans une proportion très faible. L'efficacité de la restauration est donc plus faible chez les individus âgés.

La décroissance des facultés de restauration avec le temps n'est pas régulière et s'opère pour l'essentiel à deux périodes distinctes. La première se situe au début de la vie adulte, puisque la chute du pourcentage de survivants observée à partir du 12ème jour est sans commune mesure avec la diminution contemporaine de la résistance à la chaleur. Nous situons la seconde au-delà du 35ème jour, car les deux phénomènes observés évoluent alors à l'opposé l'un de l'autre.

Conclusions

L'accroissement de la résistance des pucerons à la chaleur, qui se poursuit jusque chez les individus les plus âgés, nous rappelle que le vieillissement n'est pas exclusivement négatif. Cet aspect positif du vieillissement, dont nous pensons qu'il tient à des changements conformationnels de structures protéiques, ne va pas sans contre-partie, puisque nous constatons en même temps une diminution de l'efficacité de la restaura-

tion. En effet, les différences que nous avons relevées entre les effets immédiats du traitement thermique et ses effets à plus long terme s'accroissent au cours du temps, traduisant une restauration plus faible. Cette évolution s'effectue en deux étapes se situant, d'une part, au début de la vie adulte, de 12 à 16 jours après la naissance et, d'autre part, en fin d'expérience, du 35ème au 41ème jour.

Si on compare des résultats à ce que nous savons par ailleurs du vieillissement de *Myzus persicae* (De Reggi, 1973 b), on constate que la première étape coïncide avec l'apparition de la mortalité de la population, tandis que la seconde correspond au début de la mortalité de type B que nous interprétons, précisément, comme étant la mortalité en l'absence de restauration.

Références

BOWLER, K., 1967. Changes in temperature tolerance with adult age in *Tenebrio molitor*. *Entomologia exp. appli.*, 10 : 16-22.

DE REGGI, L.M., 1968. Survie de *Myzus persicae* (Aphididae) à un traitement thermique, selon la température post-opératoire. *Entomologia exp. appl.*, 11 : 372-378.

DE REGGI, L.M., 1972. Une méthode d'élevage du puceron *Myzus persicae*. Application à l'étude de l'influence de la photopériode et de la thermopériode sur la distribution des naissances. *Annls Zool. Écol. Anim.*, 4 : 545-555.

DE REGGI, L.M., 1973 a. Étude des effets d'un traitement par une température élevée chez un insecte (*Myzus persicae*). I. Influence d'un pré-traitement thermique préalable. *Naturaliste can.*, 100 : 347-354.

DE REGGI, L.M., 1973 b. Interaction des effets de la température, des radiations ionisantes et de l'âge chez un insecte (*Myzus persicae*). *Gerontologia*, (sous presse).

DUNN, G.R., T.G. WILSON and K.B. JACOBSON, 1969. Age-dependent changes in alcohol deshydrogenase in *Drosophila*. *J. exp. Zool.*, 171 : 185-190.

HOLLINGSWORTH, M.J. and K. BOWLER, 1966. The decline in ability to withstand high temperature with increase in age in *Drosophila subobscura*. *Exp. Gerontol.*, 1 : 251-257.

LEGAY, J.M. et R. PERRAYON, 1961. Liaison entre le vieillissement, la température et la sensibilité au gaz carbonique chez la Bruche du haricot, *Acanthoscelides obsoletus* Say. *C.r. Acad. Sci., Paris*, 253 : 1273-1274.

MAYNARD-SMITH, J., 1957. Temperature tolerance and acclimatization in *Drosophila subobscura*. *J. exp. Biol.*, 34 : 85-96.

SILLANS, D., 1969. Contribution à l'étude de l'anesthésie chez deux diptères : *Ceratitis capitata* Wied et *Drosophila melanogaster* Meig. Thèse de 3ème cycle, Lyon, 32 p.

TEULADE, P., 1964. Irradiation continue à faible débit de dose des oeufs de *Bombyx mori*, et notion de débit de dose efficace. *J. Insect Physiol.*, 11 : 379-386.

TRIBE, M.A., 1966. Some physiological studies in relation to age in the blowfly, *Calliphora erythrocephala* Meig. *J. Insect Physiol.*, 12 : 1577-1593.

WILLIAMS, C.M., L.A., BARNESS and W.H. SAWYER, 1943. The utilization of glycogen by flies during flight and some aspects of the physiological aging in *Drosophila*. *Biol. Bull.*, 84 : 263-272.

PHENOLOGY AND DISTRIBUTION OF *CARABUS NEMORALIS* (MÜLLER) (COLEOPTERA : CARABIDAE) IN EASTERN CANADA

C. A. BARLOW
Department of Biology, Carleton University, Ottawa

Résumé

La distribution saisonnière et écologique de *Carabus nemoralis* (Müller) a été étudiée à l'aide de pièges.

L'espèce présente deux cycles «d'activité-abondance» par année. La période de reproduction survient durant le premier cycle, qui s'étend de la première ou deuxième semaine d'avril jusqu'à la fin de juin ou au début de juillet. Les larves apparaissent durant les mois de juin et juillet et présentent trois stades de développement.

Le second cycle, s'étendant de juillet à octobre, est typiquement asexué et se compose d'individus immatures, descendants de la période de reproduction printannière. En hiver, ces individus sont en diapause reproductive.

Les adultes habitent à la fois les milieux boisés et les milieux ouverts. Bien que la majorité des larves occupent les endroits non boisés, les femelles reproductrices se rencontrent plus fréquemment dans les habitats boisés. Cette préférence pour les milieux boisés disparaît chez les femelles non reproductrices du second cycle.

Abstract

The seasonal occurrence and ecological distribution of *Carabus nemoralis* (Müller) were analysed by pit-trapping.

The species exhibits two activity — abundance cycles per year. Reproduction occurs during the first cycle which extends from the first or second week of April to the end of June or beginning of July. Larvae are present in June and July. There are three larval instars.

The second cycle extending from July until October is non-reproductive and is composed of immature beetles which are the progeny of the spring reproductive period. These beetles overwinter in reproductive diapause.

Adults inhabit both wooded and non-wooded terrain. Reproductive females are found with greater frequency in wooded areas although most larvae occur in non-wooded places. This preference for wooded terrain disappears among non-reproductive females of the second cycle.

Introduction

The genus *Carabus* comprises 13 ecies in Canada and Alaska, nine of ıich are indigenous (Lindroth, 1966). *nemoralis*, a European introduction, one of the most numerous species in ə Ottawa area. Although its distribution in Canada is well known (Lindroth, 1966), there seem to be no published accounts of its ecology and life history here. The present work reports the results of four years study of the phenology and ecological distribution of *C. nemoralis* in this area.

Methods

The study was done in parts of Gatineau Park, a 35,600 hectare preserve near Ottawa. Within this general area, 45 pit-traps were set in groups in diverse places to sample the substrate invertebrates in a variety of abiotic conditions and community types. A general description of the experimental area and more detailed descriptions of trap sites have been published previously (Barlow, 1970).

Populations were studied by pit-trapping, using modified plastic flower pots as traps (Barlow, 1970). Once per week traps were emptied and the catch preserved in 70% alcohol with a small amount of glycerine added to keep specimens pliable for subsequent dissection.

Reproductive condition was determined by dissecting females, examining the ovaries and counting the number of mature eggs in the oviducts. The elytra and wings were displaced laterally and the thin, dorsal body wall cut around the edges and folded back to reveal the ovaries. These lie ventral to the digestive tract but are easily disclosed by displacing the intestine laterally. Three reproductive categories were recognized : (1) mature females containing mature ova in the oviducts, (2) teneral females without mature ova, (3) spent females without mature ova. The latter two categories can be distinguished by the presence or absence of a so-called « corpus luteum » in the pedicel of each ovariole. The ovarioles are of the polytrophic type in which the oocytes alternate with nutritive cells. The « corpus luteum » is the yellowish brown remnant of these trophic cells which accompanied the egg cell on its descent from the ovariole and which remains behind when the mature egg enters the oviduct. In females which *have oviposited*, the « corpora lutea » appear under low power magnification as an interrupted dark band across the base of each ovary. The lateral oviducts of spent females are also usually much broader and more flaccid than those of teneral females.

TABLE I

Number of *Carabus nemoralis* trapped, 1966-1969

Year	*1966*	*1967*	*1968*	*1969*
Cycle I	202 (561) [1]	301	273	282
I-I	214	81	87	65
Total	416 (775)	382	360	347

[1] Parentheses indicate estimated numbers for 1966 if trapping had begun before May 30, 1966.

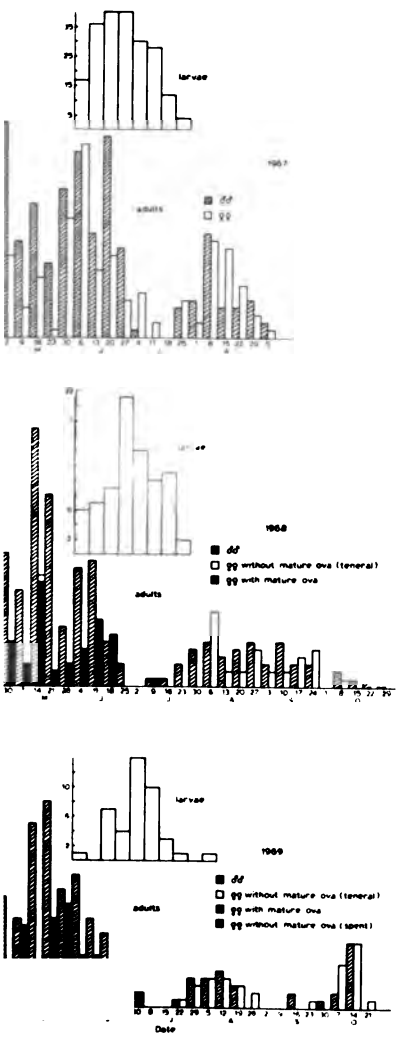
Phenology

ADULTS

The total number of adults trapped during four consecutive years is shown in Table I. Trapping in 1966 began on May 30 by which date the beetles had been active for some time. The estimated number which would have been obtained if trapping had included the total active period is shown in parentheses. The actual number was adjusted upward by an amount representing the average percent trapped before May 30 in other years.

Based on this adjusted catch, the population apparently decreased 51% from 1966 to 1967. This decline could have been caused by the cold winter and spring of 1966-67 or it could also be ascribed to a trapping artifact inherent in pitfall data when trapped individuals are not released. The number of individuals extracted from the population in one generation may reduce the number of individuals in the population and therefore the catch in the next generation. The speed at which and extent to

populations return to their original robably depends on the rate of ation from outside the trapping In subsequent years numbers decreased only slightly, i.e., 6% 967 to 1968 and 4% from 1968 9. Similar observations have been d for other carabids (Barlow, and millipedes (Barlow, 1957,



1. Numbers of adults and larvae of *oralis* trapped during 1967-1969. Re- *ve* condition of females is shown for d 1969.

Figure 1 shows the number of adults and larvae trapped each week and the reproductive condition of females in 1968 and 1969. Data for 1966 are not included because they are incomplete before May 30. Numbers are from the week ending with the date given and reflect both absolute number of individuals in the population and the activity of those individuals.

Adults have two activity — abundance cycles per year. The first cycle begins during the first or second week of April and extends to the last week in June or first week in July. The second cycle extends from the first or second week of July until October. More males than females usually were trapped which probably reflects greater activity by males rather than more males than females in the population.

This species is a spring breeder. Gravid females appear in the population during the second week of the spring cycle. Subsequently, nearly all females in the first cycle are gravid. Presumably, all individuals of the first cycle die soon after reproducing or become inactive. In any case, they are not trapped during the second cycle. Only one spent female was trapped on May 13, 1969, during the first cycle.

The second cycle is non-reproductive and is composed entirely of sexually immature adults many of which are callows, i.e., newly emerged beetles whose cuticle has not yet hardened. These individuals are the progeny of the spring cycle and overwinter in reproductive diapause. Copulation was observed often during the spring cycle but never during the second cycle. Females have immature, inconspicuous ovaries at that time. Activity during the second cycle is presumably connected with feeding and the search by newly emerged adults for suitable

hibernation sites. Both sexes contain large stores of fat at this time in advance of hibernation.

Consistently fewer individuals were trapped during the second cycle than during the first cycle (Table I). This represents a difference in degree of activity of individuals composing the two cycles. Beetles of the spring cycle are overwintered individuals born the previous summer. Some winter mortality likely occurs ; so the absolute number of individuals in the population at the time of the second cycle is no doubt greater than during spring cycle.

The general phenological pattern is similar from year to year. The ascending portion of the cycle is a function of the rate at which beetles emerge from hibernation or pupation and changes in their activity from week to week. The descending part of the cycle reflects the death of individuals or their increasing inactivity as well as weekly changes in activity.

The principle difficulty in explaining phenological changes is to separate the activity and abundance components of the population, both of which influence numbers trapped. To do this, ascending and descending portions of the cycle were considered separately. Assuming that the trend of numbers trapped in each case is sigmoid, numbers were transformed to percentages of the total number of beetles trapped. These percentages were then expressed as probits to obtain a linear function describing the trend in each case. Deviations from this trend, in actual numbers of individuals, were logged and tested for correlation with deviations from the trend of temperature and rainfall over the same period of time. Linear temperature trends were computed by regression analysis of mean daily temperature on date. Deviations of rainfall were expressed as fluctuations about the mean rainfall for the period in question. Results for cycle I in the three years, 1967-1969, are shown in Table II. Values given are correlation coefficients of activity index versus temperature with rainfall held constant ($r_{yx_1.x_2}$) and activity versus rainfall with temperature held constant ($r_{yx_2.x_1}$) ; p values were derived by *t* test.

TABLE II

Correlation coefficients (r) of activity index (Y) versus deviations in temperature (X_1) and rainfall (X_2) during ascending and descending portions of cycle I during three years

Ascending	*p* [1]	*Descending*	*p* [1]
$r_{yx_1.x_2} = 0.78$	< 0.001	$r_{yx_1.x_2} = 0.44$	> 0.05
$r_{yx_2.x_1} = 0.41$	> 0.05	$r_{yx_2.x_1} = 0.07$	

[1] p = probability of chance occurrence, from t tests.

The correlation of activity with temperature during the ascending part of cycle I is clearly significant. During the descending half of the cycle the correlation is less pronounced and near the borderline of significance. Correlations with rainfall in each case are less pronounced and only during the ascending portion of the cycle does rainfall appear to have anywhere near significant influence on activity. Similar correlations during the second cycle could not be found.

LARVAE

Larvae were identified by rearing them on fresh, lean, chopped meat in the laboratory. Only one other species occurring in this area, *Calosoma calidum* (Fabricius) can be easily confused with *C. nemoralis* in the larval stage. However, the two species can be distinguished by the shape of the cerci which curve up-

ard in *C. nemoralis* but point directly osteriad in *C. calidum.*

Figure 1 shows the number of *C. nemoralis* larvae trapped per week. Larvae ccur in the population from the first or econd week of June until about the end f July reaching peak numbers near the nd of June. If the appearance of gravid emales in the population coincides with he onset of oviposition and the first oung beetles trapped in July indicate irst emergence, total developmental ime, from egg to teneral adult, is 12 to 3 weeks. Assuming that time of appearnce of first larvae indicates egg hatch, mbryogenesis takes six to seven weeks. This is undoubtedly an overestimation ince very young first instar larvae are ot trapped. Developmental time of all ost-embryonic immature stages, i.e., ime from appearance of first larvae to irst adults of the second cycle, is then lso between six and seven weeks.

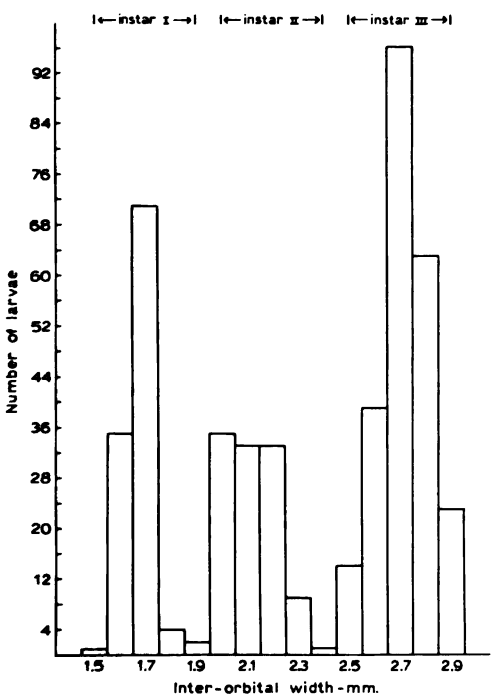


Figure 2. Frequency distribution of interrbital widths of three larval instars of *C. nemoralis.*

Interorbital widths of the head capsules of all larvae trapped are presented as a frequency distribution in Figure 2. The measurements fall into three distinct classes representing the three larval instars : instar 1, 1.5 – 1.9 mm ; instar 2, 2.0 – 2.4 mm ; instar 3, 2.5 – 2.9 mm. Differences between mean widths for these classes are clearly significant according to *t* tests (Table III).

TABLE III

Mean interorbital widths of head capsules of the three larval instars of *C. nemoralis*

Instar	*No. larvae measured*	*Width mm ± S.E.*	*t*	*p* [1]
1	113	1.67 ± 0.006	40.9	< 0.001
2	111	2.12 ± 0.010	50.0	< 0.001
3	233	2.72 ± 0.007		

[1] p = probability of chance occurrence of size differences, from t test.

Figure 2 shows that third instar larvae are trapped with twice the frequency of other instars. This is probably because they are more active prior to pupation.

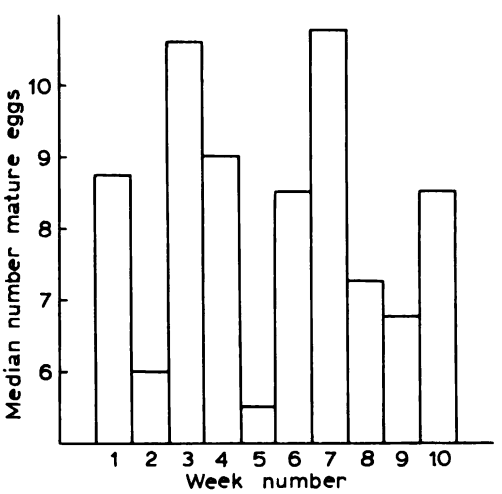


Figure 3. Median number of mature eggs per gravid female during successive weeks of the reproductive period in 1968 and 1969.

Fecundity

The numbers of mature eggs in gravid females were counted during 1968 and 1969 and varied from 1 to 19 ; the median number was eight. Gravid females contained eggs in various stages of development and it is likely that they oviposit intermittently over a period of time. Delkeskamp (1930) noted that eggs were laid singly and Kern (1921) observed intermittent oviposition. The number of mature eggs, therefore, is probably an indication of the rate of oviposition rather than of total fecundity. Since the frequency distribution of egg numbers was not normal, the median egg number was determined rather than the average. Figure 3 shows the median number of mature eggs per gravid female in 1968 and 1969 combined plotted against time. Assuming that the number of mature eggs contained is proportional to the rate of egg-laying, there is considerable variation in this rate from week to week but no slow rise at the beginning or decline at the end of the reproductive cycle. The rate begins and remains high throughout most of the reproductive cycle. This pattern has been noted (Barlow, 1970) in other carabid species which overwinter as teneral adults and therefore reach maximal oviposition rate rapidly.

Ecological distribution

The total numbers of adults and larvae trapped in the experimental area in four years are shown in Figure 4. Traps are designated as occurring in open or wooded terrain. Detailed descriptions of the topography and vegetation about each trap have been given previously (Barlow, 1970).

Twenty-five or 56% of the 45 traps used in the study were distributed in non-wooded areas. If the beetles were equally distributed between wooded and open areas, and assuming that the efficiency of the traps was the same regardless of terrain type, approximately the same distribution of catch would be expected. Of the total 1097 adults col-

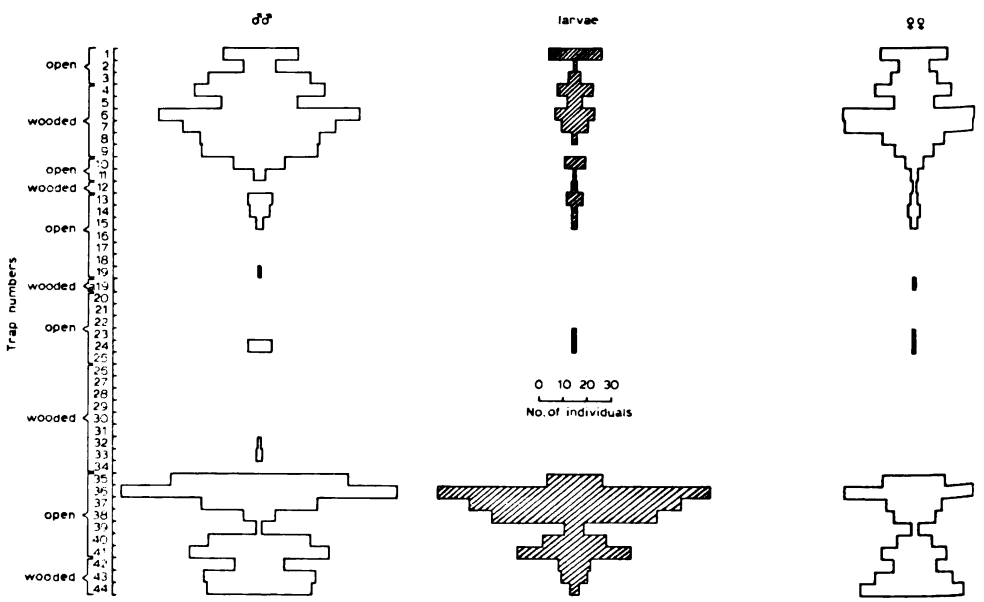


Figure 4. Total numbers of adults and larvae of *C. nemoralis* trapped in different areas from *1966 to 1969.*

TABLE IV

ve distribution of *C. nemoralis* adults in open and wooded terrain during spring (I) and summer (II) activity cycles, 1967-1969 [2]

	♂♂		Cycle I		♀♀	
	Woods	*deviation S.E.$_r$* [1]	*Year*	*Open*	*Woods*	*deviation S.E.$_r$* [1]
6)	80 (84)	0.59	1967	44 (58)	60 (46)	2.75 *
9)	88 (86)	0.29	1968	36 (42)	39 (33)	1.40
4)	78 (89)	1.55	1969	30 (44)	49 (35)	3.18 *
9)	246 (259)	1.07	Totals	110 (144)	148 (114)	4.38 *
			Cycle II			
)	15 (17)	0.65	1967	33 (35)	30 (28)	0.51
)	16 (22)	1.71	1968	23 (20)	12 (15)	1.03
)	6 (14)	2.86 *	1969	28 (19)	6 (15)	3.10 *
)	37 (53)	2.78 *	Totals	84 (74)	48 (58)	1.75

l error of ratio $= \sqrt{\frac{\text{exp. 1 x exp. 2}}{\text{total}}}$

expected number.

; significant difference between observed and expected values.

ıring the last three years of the 8 or 56% were trapped in non-sites. This is exactly the pro-xpected considering the distrib-the traps. However, the distrib-the sexes were different : 50% ıs but only 40% of males were woods. Also, 84% of the larvae llected in non-wooded areas. ı again that trapping efficiency endent of terrain type, these uggest that, whereas half the nhabit woods, most oviposition ı non-wooded areas. Therefore, ıt be active migration by females wooded and open terrain.

is also a phenological change ution pattern of females. Table ıe number of males and females trapped in open and wooded terrain during spring and summer activity cycles. The expected numbers, based on the distribution of traps, are given in brackets. Deviations from the expected ratio, in each, are compared with the standard error of the ratio. Generally, deviations are considered significant only if they are more than twice as large the standard error.

During the first cycle, in two out of three years, females were trapped in woods with significantly greater frequency than expected from the distribution of traps and, in total, females showed preference for wooded areas. During the second cycle, however, this preference became partially reversed. The trend each year was for more females in open

areas than in woods and in 1969, significantly more females than expected were trapped in open areas. Generally, however, females become distributed in approximately the same proportion as the traps indicating that the preference for wooded habitats exhibited by gravid females during the first cycle is not shown by the new generation of females composing the second cycle.

Males, during the first cycle, were taken in approximately the same proportions as the distribution of the traps indicating that they were distributed equally in wooded and open terrain. The same pattern was exhibited during the second cycle in the first two years. In 1969, however, significantly more males than expected were trapped in open areas and totals for the three years indicate a preference by males for non-forested habitats.

The significance of these differences in distribution between males and females and of the phenological changes in distribution pattern is not clear.

Distribution within open and wooded terrain was also heterogeneous. Some wooded areas (traps 26-34) were almost completely avoided. These woods consisted of maple (*Acer saccharum* Marsh), ash (*Fraximus* sp.), and oak (*Quercus* sp.) at the top and sides of an exposed hill (26-31) and paper birch (*Betula papyrifera* Marsh) in a very damp area (32-34). Otherwise different types of woods were inhabited including mixed deciduous and coniferous woods (4-6), pure deciduous woods of maple and birch (7-9), and coniferous woods (42-44). In open areas, greatest numbers were trapped where there was a rich covering of grass and shrubs (1-3, 35-41). The beetles were totally absent from barren areas of stony, humus poor ground (16-18, 20-22).

Discussion

This work suggests that activity during the spring cycle of *C. nemoralis* is positively correlated with temperature. The increase in numbers during the spring is due to the emergence of adults from hibernation. The decline of numbers during the latter half of the spring cycle is due to progressive inactivity and death of spent individuals. Delkeskamp (1930) reported that individuals of this species hibernated from the end of May until mid July when they again became active and lived until the beginning of their second winter. However, during the present work, a spent female was never trapped during the non-reproductive second cycle. These old individuals, therefore, must either die or become completely inactive soon ofter oviposition.

Compared with some carabids (Barlow, 1970), *C. nemoralis* females carry a small number of mature eggs in the oviducts at any one time. However, since the eggs are laid intermittently, the number present at any one time is not an estimate of total fecundity and *C. nemoralis* is abundant in the area relative to other carabids. The lack of correlation between median fecundity and population size has been noted also for other species (Barlow, 1970).

The three larval stages of *C. nemoralis* are clearly distinguishable on the basis of head capsule width. Delkeskamp (1930) also described three larval instars but gave no measurements which could be used as determining characters. He observed the average time for egg development in the laboratory to be about two weeks and estimated the length of the larval instars to be two, three, and four weeks. This gives a developmental time for egg and larval stages of 11 weeks. Inclusion of the pupal stage would

ɜ a total developmental time for all nature stages comparable to the 12 13 weeks estimated in the present dy. The present estimate of six to en weeks for the larval and pupal ges is considerably less than Delkes- ıp's estimate for the same stages. s could be due to a difference be- en temperatures in the two cases. keskamp's observations were made in laboratory. The present estimates e drawn from field populations 84% which developed in open areas where rage temperature in June and July is ly to be higher than laboratory tem- ature.

'resent observations indicated that *C. ıoralis* inhabits woods as well as open ɜs. Other recent accounts give no ɔrd of the species in woods. Lindroth 66) reported that the species was :ricted to cultivated ground in Canada Rivard (1964) recorded it in open und with moderate to dense vegeta- ı. Similarly Greenslade (1965) noted species in grassland in Britain. How- r Delkeskamp (1930) reported that species was found in Germany in ɔds as well as open terrain.

Acknowledgement

Technical assistance was provided by Mr. D. van der Weyden. Financial support was received from the Ontario Department of University Affairs.

References

BARLOW, C. A., 1957. A factorial analysis of distribution in three species of diplopods. *Tijdschr. Ent.*, 100 : 349-426.

BARLOW, C. A., 1958. Distribution and seasonal activity in three species of diplopods. *Archs néerl. Zool.*, 13 : 108-133.

BARLOW, C. A., 1970. Phenology and distribution of some *Pterostichus* (Coleoptera : Carabidae) of eastern Canada. *Jl N.Y. ent. Soc.*, 78(4) : 215-236.

DELKESKAMP, K., 1930. Biologische Studien über *Carabus nemoralis* Müll. *Z. Morph. Ökol. Tiere*, 19 : 1-58.

GREENSLADE, P. J. M., 1965. On the ecology of some British carabid beetles with special reference to life histories. *Trans. Soc. Br. Ent.* 16 : VI, 149-179.

KERN, P., 1921. Beiträge zur Biologie der Caraben. *Ent. Bl.*, 17 : 162-172.

LINDROTH, C. H., 1966. The ground-beetles of Canada and Alaska. Part 4. *Opusc. ent., suppl.* 24 : 409-648.

RIVARD, I., 1964. Carabid beetles (Coleoptera : Carabidae) from agricultural lands near Belleville Ontario. *Can. Ent.*, 96 : 517-520.

aliste can., 100 : 371-383 (1973).

L'ÉCOLOGIE DU *FLOERKEA PROSERPINACOIDES* WILLD. À L'ÎLE AUX GRUES, MONTMAGNY, (QUÉBEC)

Benoît GAUTHIER

Département de phytotechnie, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec

et

Camille ROUSSEAU

Département d'écologie et de pédologie, Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval, Québec

Résumé

Les auteurs signalent la troisième station du *Floerkea proserpinacoides* au Québec. Après avoir précisé la distribution et l'écologie de ce taxon en Amérique du Nord, ils présentent une étude détaillée de son habitat à l'île aux Grues. Des divers facteurs écologiques, l'éclairement est certes celui qui influence le plus l'abondance de cette plante tandis que la richesse du sol en détermine la présence. Finalement, les auteurs suggèrent un processus de dispersion de l'espèce.

Abstract

A third locality for *Floerkea proserpinacoides* in Québec is described. Information is given concerning its distribution and ecology in North America. Details are also furnished about the various ecological factors affecting this plant. Soil fertility determines its occurrence, whereas light is definitely the factor which influences most its abundance. Finally, a way of dispersal and colonization is suggested for this species.

Introduction

u début de juin 1971, les auteurs ré-aient à l'île aux Grues le *Floerkea erpinacoides* Willd., taxon cité mais décrit dans la *Flore laurentienne* uleau, 1964). Cette récolte constitue nouvelle station pour le Québec. Ce n n'était connu que de l'île des urs dans la région de Montréal, et de Grosse-Ile, située à quelques kilo-res en amont de la présente station. revue de la littérature nous a rapi-ent renseignés sur la description maire de l'habitat de ce taxon à l'in-ur de son aire de distribution ; ce pour nous une incitation à retourner sur le terrain pour le mieux connaître. Nous présentons ici le résultat de nos observations.

DISTRIBUTION

La distribution générale du *Floerkea proserpinacoides* nous paraît coïncider sensiblement avec celle de la forêt décidue de l'Amérique orientale (Rousseau, 1971). Elle est comprise à l'intérieur d'une aire dont les limites au nord seraient représentées par une ligne joignant la Nouvelle-Écosse au Dakota Nord et, au sud, par une ligne allant de la Virginie au Missouri tout en touchant le Tennessee. La plus forte disjonction

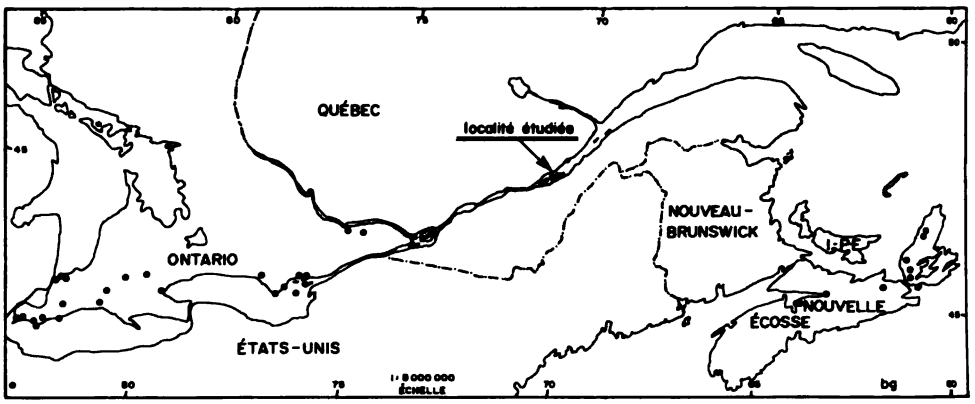


Figure 1. Distribution canadienne du *Floerkea proserpinacoides* Willd.

existe entre le Vermont et la Nouvelle-Écosse où aucune mention de récolte n'a été faite jusqu'à maintenant.

Au Canada, une correspondance avec les différents herbiers nous a permis d'établir la distribution actuelle du *Floerkea* (fig. 1). Des récoltes existent pour la Nouvelle-Écosse, le Québec et l'Ontario. Dans ces deux dernières provinces, la distribution de cette plante se superpose à celle des Basses-Terres du Saint-Laurent et des Grands Lacs tandis qu'en Nouvelle-Écosse, ce taxon est confiné aux régions physiographiques des Basses-Terres de l'Annapolis et au Plateau de la Nouvelle-Écosse. Macoun (1883-90) l'avait bien signalé sur l'île de Vancouver mais Boivin (*in litt.*) l'a soustrait de la Colombie-Britannique.

Au Québec, Louis-Marie (1937) prétendait ajouter cette espèce à notre flore sur la foi d'une récolte qui aurait été faite en 1933 dans la région d'Ottawa ; elle croît effectivement dans le secteur ontarien de la région d'Ottawa. Nous ne connaissons présentement aucun spécimen d'herbier pour le versant québécois de l'Outaouais. Cléonique-Joseph (1936 et 1937) affirmait que cette espèce n'avait jamais été rapportée pour notre province au moment où il la signalait sur l'île des Soeurs. Cléonique-Joseph (*loc. cit.*) et Louis-Marie (*loc. cit.*) croyaient avoir fait une découverte parce que cette espèce n'était pas incluse dans la *Flore laurentienne* (Marie-Victorin, 1935). Ils n'avaient pas remarqué que Barnston (1859) et Macoun (1883-90) l'avaient déjà mentionnée pour l'île des Sœurs. Erskine et Schofield (1948) ont d'ailleurs fait la mise au point suivante : « *Victorin apparently overlooked the old specimen preserved at McGill University and the record of the station on Nun's Island, near Montreal, only casually mentioned by Rouleau, for the plant has been known from there for a century and a quarter. It was found there by Dr. Andrew Holmes, his collection made in the neighborhood of Montreal as early as 1821* » (p. 284).

Raymond (1950) restreignait ce taxon à l'archipel d'Hochelaga ; à la lumière de nos connaissances actuelles, nous situons sa limite septentrionale sur le continent dans le comté de Montmagny où il est maintenant connu de la Grosse-Île [*R. P. Hanson 291* (DAO) ; rapporté par Sexsmith, 1965] et de l'île aux Grues [*C. Rousseau et al. 71-87* (QFA)]. Nous citons en appendice tous les spécimens canadiens qui comportent une description d'habitat.

ıIE GÉNÉRALE

ıt d'étudier l'écologie du *Floerkea* aux Grues, examinons les caracues générales de son habitat à ɜur de son aire de répartition. Les ɔes de cette espèce sont présenconnues par des descriptions du qui ont été rédigées par des bota- Dans les limites méridionales de ire de distribution, Steyermark écrit : « *Occurs in low alluvial ınd in valleys of stream near the sipi River or tributary streams of iver. Flowers April-May* » Pour ɪe l'Indiana, Deam (1940) rappor- *.ocally abundant in thick woodland ɔ moist soil, usually associated ɪgar maple, beech, white oak, and elm* ». Dans les États de la Nouıngleterre, la description qu'en fait ɪur (1969) ne varie guère : « *Rare ; usually wet, often along rivers. 's & fruits May 12-31* ». Les notes ɪs par les herborisateurs (voir ape I) sont souvent plus précises ıe modifient pas ce qui est décrit ment dans les flores. L'espèce est ɜe habituellement dans les bois es et riches ; on la trouve aussi ıondance dans des milieux non ers tels les marécages et les praipariennes ou encore, selon Fernald), sur des rochers calcaires humiınsi, l'écologie du *Floerkea* diffère ıns toute son aire de distribution ; 'implanter, il nécessite un sol fern degré assez élevé d'humidité et ıière. Nous croyons que le fait de ir compléter son cycle avant la feuillaison lui permet de s'instalı forêt. Cette plante fleurit en ıai dans son aire méridionale et ıi-juin dans le secteur canadien.

ı étude détaillée de son habitat, où la choisisse, devrait contribuer ɜment à la *connaissance de* son écologie. Nous décrirons nos observations à l'île aux Grues.

L'ILE AUX GRUES

L'île aux Grues est située à soixante kilomètres en aval de la ville de Québec par 47°02′ — 48°05′ de latitude nord et 70°27′ — 70°35′ de longitude ouest. Elle s'oriente en parallèle à l'axe majeur du Saint-Laurent. La longueur de l'île est de 6.5 kilomètres, la largeur maximale de 1.5 kilomètre tandis que l'altitude générale demeure inférieure à 20 mètres. La roche en place résulte d'un plissement appalachien ; elle se rattache à la formation de Sillery principalement constituée de grès, de schistes et d'ardoises (Dresser et Denis, 1946). Terrasses, crêtes, falaises, caps, dépressions et versants adoucis modèlent le bâti géologique. Les dépôts superficiels sont minces. Le territoires fait partie du domaine de l'érablière laurentienne (*sensu* Grandtner, 1966). L'île est occupée et défrichée depuis près de trois siècles, à l'exception de toute la pointe sud-ouest conservée pour ses ressources forestières. C'est d'ailleurs dans cette portion de l'île qu'il nous fut donné de découvrir et d'étudier le *Floerkea proserpinacoides*.

Les colonies où se trouve cette plante sont nombreuses. Nous dénombrons sept

Figure 2. Basse herbaçaie continue couvrant les rives d'un ruisseau intermittent. Les espèces dominantes sont le *Symplocarpus foetidus* et l'*Onoclea* sensibilis. L'éclairement est faible au niveau du Floerkea proserpinacoides.

surfaces où elle abonde. La plupart de ces sites sont des dépressions profondes d'environ un mètre et d'une étendue de quelques dizaines de mètres carrés. Le *Floerkea* croît sur le fond et le versant de ces concavités. Néanmoins, la colonie la plus considérable se situe sur les rives alluvionnaires d'un ruisseau intermittent (fig. 2). Nous avons décrit neuf stations contenant du *Floerkea.*

Méthodes

L'ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION

L'échantillonnage des communautés de *Floerkea* n'a porté que sur celles où nous constations une diversité floristique. Nous voulions ainsi réunir la majorité des conditions qui lui sont offertes à l'île aux Grues. La méthode du quadrat a été employée pour décrire chaque place-échantillon. La dimension du quadrat était de l'ordre du mètre carré, suite à notre désir d'obtenir une superficie homogène et comparable (fig. 3). Nous avons dressé la liste floristique à l'intérieur du quadrat en indiquant pour chaque espèce son coefficient d'abondance-dominance selon les normes de Braun-Blanquet (1932). Dans la description de la végétation, nous adoptons la nomenclature proposée par Fernald (1950) pour les plantes vasculaires et celle suivie par Grout (1928-39) pour les mousses.

L'ÉTUDE DES SOLS

Sur le terrain, nous avons mesuré le pH par la méthode Lamotte ; nous avons noté en même temps le degré de pente et la classe de drainage, tel que suggéré dans le *Code pour les relevés d'inventaires écologiques du territoire* (Le groupe d'étude sur l'écologie appliquée à l'aménagement du territoire, 1970). Dans trois stations, nous avons prélevé des échantillons de sol. Les principaux caractères *physiques et chimiques* de ces prélèvements ont été déterminés en laboratoire. Ainsi, le pH a été mesuré au moyen de l'appareil Beckman à électrode de verre. Les analyses de granulométrie ont été effectuées selon la méthode de Bouyoucos (1936). La méthode de Bray 2 a servi à l'extraction du phosphore assimilable. L'hydrogène échangeable a été dosé par la solution tampon de Woodruff (Graham, 1959). Les cations échangeables — K, Na, Ca, Mg — ont été évalués au spectrophotomètre à flamme après extraction par une solution d'ammonium normale neutre. Le manganèse a été dosé colorimétriquement au photélomètre à filtres Cenco-Shead-Sanford ; la coloration est donnée par la métapériodate de potassium.

L'ÉTUDE DE L'ÉCLAIREMENT

L'éclairement perçu par le *Floerkea* a été mentionné comme un facteur important dans son écologie générale. Comme nous n'avions pas d'appareil de mesure en notre possession, nous l'avons évalué ainsi :

Code		*Intensité d'éclairement*
1	:	très faible
2	:	faible
3	:	moyenne
4	:	élevée
5	:	très élevée

Les données concernant la lumière valent pour la date du 11 juin 1971, journée où nous avons visité l'ensemble des communautés. À ce moment, l'espèce était au stade de fructification. Cet indice d'éclairement varie au cours du printemps, principalement en forêt : le 30 mai est la date moyenne de la feuillaison à 50% des essences feuillues alors que le 20 juin, la feuillaison s'avère complète (Villeneuve, 1969). Ainsi, la strate herbacée, sous couvert forestier constitué de feuillus, reçoit peu de lumière vers le 11 juin ; pour ce jour, nous avons obtenu un indice de 2, ce qui

ıifie une faible intensité d'éclaire-ıt.

Description de la végétation et du milieu

CRIPTION PHYTOSOCIOLOGIQUE

e *Floerkea proserpinacoides* croît s différents types structuraux (ta-ıu I). Certains sont constitués à la de strates herbacées et arborescen-; d'autres ne possèdent que la strate 0.0 — 30 cm de hauteur. Les strates occupent l'espace entre 60 cm et n manquent dans les communautés rites ; cependant, nous avons noté la ɜence du *Floerkea* dans une arbustaie *hus typhina.* En général, nous avons ervé une faible structuration des ımunautés sur le plan vertical. Au ɜau du sol, le couvert végétal repré-ɛte un recouvrement de 100%. Il se ıpose de deux à quinze espèces ; sa esse floristique moyenne est de neuf èces. La superficie des peuplements e de un à plusieurs dizaines de mè-carrés. Dans chaque habitat, les ıts du *Floerkea* sont multiples ; leur ecroisement nous a empêchés toute-de les dénombrer. L'abondance-ıinance varie considérablement allant la classe 1 à 5 ou de 1% à 100% recouvrement. Nous croyons que ces ations de pourcentage sont signifi-ves pour l'écologie et nous présen-ıns les différentes communautés en ɔtion de celui-ci.

a place-échantillon 9 (tableau I) se e dans une érablière à hêtre. Cette ion possède quatre strates occupées quinze espèces. Les strates inférieure)–30 cm) et supérieure (10–20 m) t les mieux représentées avec dix et x espèces respectivement. La pente de l'ordre de 5% selon une exposi-sud-est ; le drainage est bon. Le ɜrkea présente un indice d'abondan-lominance de 2 ou un recouvrement de 5 — 25%. Lorsque nous avons décrit le milieu, soit le 20 juin, la plante était jaunie, à l'état de sénescence, tandis qu'au bas du versant, plus humide, elle était encore verte. Au niveau de cette place-échantillon, la couverture nivale disparaît rapidement et l'espèce peut commencer son cycle bien avant la plei-ne feuillaison ; elle ne manque pas de lumière au début de la croissance, ce qui n'est plus le cas à la fructification au moment où la lumière devient faible. Ainsi, dans un milieu forestier à bon drainage, la *Floerkea* connaît une abon-dance-dominance de 2.

L'abondance-dominance double de la place-échantillon 9 à la place-échantil-lon 5 et atteint alors 4. Ces deux milieux paraissent assez similaires : stratification arborescente, bon drainage, milieu riche à pH 6.4–6.6 et pas moins de neuf espè-ces compagnes. Ils diffèrent toutefois par suite de l'emplacement de la place-échantillon 5 à la lisière de l'érablière le long d'un chemin large de 4-5 mètres. Le *Floerkea* semble profiter de ce cou-loir de lumière au détriment des espèces plus sciaphiles.

La place-échantillon 1 (fig. 3) pos-sède au niveau des strates herbacées cinq espèces en commun avec l'érablière

Figure 3. Place-échantillon 1 d'une super-ficie d'un mètre carré. L'*Eupatorium rugosum* et le *Floerkea* proserpinacoides dominent. L'é-clairement est élevé.

TABLEAU I

Groupements caractérisés par la présence du *Floerkea proserpinacoides*

Place-échantillon	*9*	*5*	*1*	*2*	*8*	*7*	*3*	*4*	*6*
Jour (juillet 1971)	20	11	11	11	11	11	11	11	11
Superficie (m^2)	1.6	0.2	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
Physionomie [1]	maan	bac	bhc	bhc	bhc	mhc	bhc	mhc	mhc
Éclairement [2]	3	4	4–5	4	4–5	4	3	2–1	2
Pente (%)	.1–5	.6–2	.6–2	.6–2	.6–2	.6–2	.6–2	0–.5	0–.5
Classe de drainage [3]	2	2	3	2	4	2	6	5	5
pH (terrain)	—	6.5	6.7	6.1	5.7	5.7	6.1	6.3	6.1
STRATES ARBORESCENTES									
10-20 mètres									
Fagus grandifolia	5[4]	—	—	—	—	—	—	—	—
5-10 mètres									
Acer saccharum	2	5	—	—	—	—	—	—	—
Fraxinus americana	—	2	(+)	—	—	—	—	—	—
Ulmus americana	—	2	—	—	—	—	—	—	—
STRATES HERBACÉES ET MUSCINALE									
30-60 centimètres									
Dentaria diphylla	2	—	1	—	—	—	—	—	—
Polygonatum pubescens	1	—	(+)	—	—	—	—	—	—
Thalictrum sp.	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Solidago flexicaulis	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Viola sororia	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Actea rubra	—	—	(+)	—	—	—	—	—	—
* *Epilobium angustifolium*	—	—	—	—	(+)	—	—	—	—
* *Iris versicolor*	—	—	—	—	—	—	1	—	—
* *Prunella vulgaris*	—	—	—	—	—	—	(+)	—	—
Onoclea sensibilis	—	—	—	—	—	—	—	5	—
Symplocarpus foetidus	—	—	—	—	—	—	—	—	5
* *Lythrum salicaria*	—	—	—	—	—	—	—	—	+
0-30 centimètres									
Floerkea proserpinacoides	2	4	5	4	5	4	3	1	2
Impatiens capensis	—	+	2	2	1	—	4	2	2
Trillium erectum	2	—	+	—	—	—	—	—	—
Acer saccharum	2	—	1	—	—	—	—	—	—
Osmorhiza claytoni	1	1	—	—	—	—	—	—	—
Prenanthes altissima	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Urtica dioica	+	—	—	—	—	—	—	—	+
* *Scrophularia lanceolata*	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Botrychium virginianum	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Betula lutea	+	—	—	—	—	—	—	—	—

TABLEAU I (Suite)

Groupements caractérisés par la présence du *Floerkea proserpinacoides*

Place-échantillon	*9*	*5*	*1*	*2*	*8*	*7*	*3*	*4*	*6*
Sanguinaria canadensis	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—
Fragaria vesca var. *americana*	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Ranunculus abortivus	—	+	—	1	—	—	—	+	—
Eupatorium rugosum	—	—	3	—	+	—	—	—	—
Circaea quadrisulcata	—	—	1	2	—	—	—	—	—
Viola incognita	—	—	+	+	—	—	—	—	—
[1] *Arctium* sp.	—	—	(+)	1	—	—	—	—	—
[1] *Agrimonia striata*	—	—	—	2	—	—	—	—	—
[1] *Taraxacum officinale*	—	—	—	1	—	—	—	—	—
[1] *Plantago major*	—	—	—	(+)	—	—	—	—	+
[1] *Cirsium arvense*	—	—	—	—	3	—	—	—	—
Parthenocissus quinquefolius	—	—	—	—	3	—	—	—	—
Rubus idaeus var. *canadensis*	—	—	—	—	1	5	—	—	—
Arisaema atrorubens	—	—	—	—	+	—	—	—	—
[1] *Poa pratensis*	—	—	—	—	—	—	2	—	—
[1] *Galium palustre*	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Viola cucullata	—	—	—	—	—	—	+	—	—
Cardamine parviflora	—	—	—	—	—	—	+	—	—
Cardamine pensylvanica	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Conocephalum conicum	—	—	—	—	—	—	5	+	—
Brachythecium rivulare	—	—	—	—	—	—	1	+	—
Brachythecium oxycladon } *Bryhnia novae-angliae* }	—	—	—	—	—	—	—	—	5

[1] Physionomie (Payette et Gauthier, 1972) :
maan : moyenne arboraie arborée moyenne
bac : basse arboraie continue
mhc : moyenne herbaçaie continue
bhc : basse herbaçaie continue

[2] Éclairement : 1 : très faible
2 : faible
3 : moyen
4 : élevé
5 : très élevé

[3] Classe de drainage : 1 : excessif
2 : bon
3 : modérément bon
4 : imparfait
5 : mauvais
6 : très mauvais

[4] Coefficient d'abondance-dominance selon les normes de Braun-Blanquet (1932).

[1] considérée comme hélophyte

ı hêtre. Cette station se situe en pleine ;lairière et le drainage est légèrement ɔlus humide que dans les habitats pré-;édents. Le *Floerkea* tire avantage de la ɔleine lumière et de l'augmentation de 'humidité du sol. L'abondance-dominan-;e est de 5, soit un recouvrement de 30-100%. Dans la place-échantillon 2, celle-ci diminue d'une classe et indique 4. Ce peuplement ressemble quelque peu à la place-échantillon 1 avec cinq espèces en commun. Toutefois, le drainage s'est légèrement amélioré ; on ne note plus que la strate herbacée de 0.0–30 cm et le pH passe de 6.6–6.7 à 6.0–6.2. La variation d'abondance peut

aussi être causée par la présence de quatre espèces reconnues comme héliophytes.

L'habitat décrit par le relevé 8 possède aussi une abondance-dominance de 5. Nous sommes dans une basse herbaçaie continue où le drainage est imparfait, le pH n'est que 5.6–5.7 et il se trouve deux espèces héliophiles. L'importance du *Floerkea* ne semble pas affectée par l'acidification du milieu ; ce taxon tire avantage de la lumière qui demeure élevée et du drainage qui est imparfait. Dans la place-échantillon 7, le pH n'est pas modifié et l'intensité de lumière change peu. Par contre, le drainage s'améliore et favorise l'abondance-dominance du *Rubus idaeus* var. *canadensis* qui passe de 1 à 5 ; le *Floerkea* a alors un recouvrement de 50–75%. Ce peuplement occupe un monticule d'une hauteur d'un mètre au niveau d'une grande dépression tandis que le peuplement 8 se présente tout autour de l'élévation.

La place-échantillon 3 se situe au bas d'un versant ; elle présente un drainage très mauvais. Deux mousses tapissent le sol : *Conocephalum conicum* et *Brachythecium rivulare*. La lumière est moyenne et quatre espèces héliophiles y trouvent des conditions favorables. La grande abondance de mousses et le petit puits de lumière au milieu de la forêt affectent l'abondance-dominance du *Floerkea* qui est de 3.

Dans les places-échantillons 4 et 6, le drainage et le pH varient peu. Par rapport aux peuplements herbacés, l'éclairement est ici très faible. Les feuilles de l'*Onoclea sensibilis*, d'une part, et du *Symplocarpus foetidus*, d'autre part, occupent à 100% la strate de 30–60 cm (fig. 2). Le *Floerkea* a une abondance-dominance de 1 et 2 dans ces peuplements respectifs.

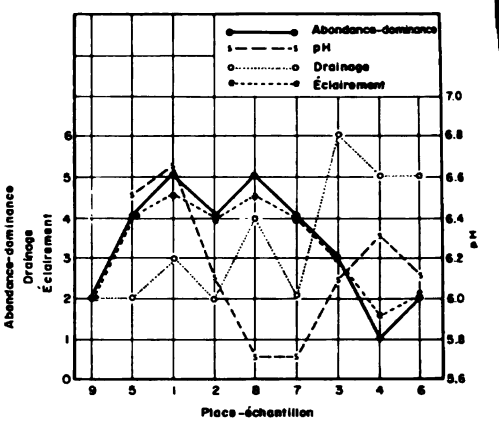


Figure 4. Variations d'abondance dominance du *Floerkea* proserpinacoides comparées aux variations du pH, du drainage et de l'éclairement. (Les valeurs sont tirées du tableau I)

À la figure 4, nous avons porté sur graphique différents facteurs (le drainage, le pH et l'éclairement) en vue de les comparer à l'abondance-dominance du *Floerkea proserpinacoides*. L'éclairement apparaît comme un facteur qui influence de manière très significative le recouvrement de l'espèce. Cette constatation visuelle reçoit une confirmation par le traitement statistique qui établit la valeur de la corrélation à 0.965. Les deux autres facteurs recensés ne sont pas significatifs au seuil de 95%, le drainage obtenant une corrélation négative de −0.0408 et le pH, une corrélation quasi nulle de 0.098. Poursuivant plus avant l'étude statistique, nous avons cherché par la méthode de la régression multiple à définir un modèle théorique aléatoire nous donnant la liaison entre la variable dépendante et les variables indépendantes. Nous négligeons les données du pH et notre modèle se présente ainsi :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + e,$$

où y = abondance
x_1 = éclairement
x_2 = drainage
b_0 = constance
b_1, b_2 = coefficients
e = résidu

ɔrocédé de l'estimation des moin-
rrés, nous obtenons l'équation ou
èle calculé suivant :

:.283 + 1.442 x_1 + 0.212 x_2

ɪts d'hypothèses sur les coeffi-
nontrent que cette liaison linéaire
nificative au seuil de 95% (test
ɪt, par conséquent, les deux fac-
ɔnt une importance réelle dans
ɜison. Ce modèle explique l'abon-
du *Floerkea* dans une proportion
)6%. En définitive, c'est principa-
une plante héliophile.

'TION PÉDOLOGIQUE

ɪ connaissons mieux le facteur qui
ier la densité du *Floerkea proser-*
des ; nous chercherons mainte-
en savoir davantage sur son régi-
tritif. Pour ce faire, nous avons
trois profils pédologiques dans
tes très différents les uns des
soit les places-échantillons 9, 1
ableau 2). Selon la classification
ɪnne des sols (Anonyme, 1970),
obtenons trois catégories : un
l dystrique pour le relevé 9, un
gleyifié pour le relevé 1 et un
humique pour la place-échantil-
Ces distinctions pédogénétiques
ɜnt affecter plus le cortège flo-
du *Floerkea* que l'espèce elle-
puisqu'elle est constamment pré-
ur les trois substrats.

ɪ retrouvons un même ordre de
ɪr et même plusieurs similitudes
ɜs données analytiques de l'hori-
surface des trois profils. La tex-
t un loam pour les profils 9 et 3
qu'en 1, un léger accroissement
e conduit à un loam sableux. Le
carbone varie de 8.49% à 5.49%;
ɔentage d'azote change aussi dans
ɪmes proportions, nous donnant
ɔort C/N de *l'ordre de 12-13*. Le
degré de minéralisation de l'horizon Ah est élevé. La quantité de phosphore assimilable change très peu d'un sol à l'autre. La valeur du calcium est élevée, sa moyenne est de 15.4 m.é./100 g, mais elle demeure stable tout comme celles du magnésium et du sodium. Le potassium et le manganèse varient légèrement. Au total, les bases échangeables sont quasi identiques pour l'horizon superficiel des trois profils. Le milieu est considéré comme riche quoique légèrement acide.

Le second horizon diffère de celui de surface pour la plupart des valeurs des bases échangeables. Il y a aussi une réduction du taux de carbone et d'azote. Il existe toutefois une certaine stabilité dans tout le profil pour le phosphore et, d'une certaine manière, pour la granulométrie. Si nous comparons ensuite les horizons Bm et Bg entre eux, nous retrouvons la même similarité constatée en surface pour l'ensemble des propriétés.

Les trois profils, de prime abord très différents, se ressemblent beaucoup pour les données analytiques. L'espèce retrouve les mêmes conditions d'un sol à l'autre ; le sol est riche en surface et modérément riche au niveau du second horizon. Le *Floerkea* est-il lié à une seule des variables physico-chimiques ou à l'ensemble ? Seules des études plus poussées en laboratoire permettraient de le dire.

Conclusion

Avant notre travail, le *Floerkea proserpinacoides* était reconnu comme exigeant en général des milieux riches et humides. Nous avons étudié l'espèce à l'île aux Grues dans des habitats riches quoique pas nécessairement humides. Nous avons pu également mettre en relief le rôle de l'éclairement sur l'abondance du taxon. Nous croyons qu'il est possi-

TABLEAU II

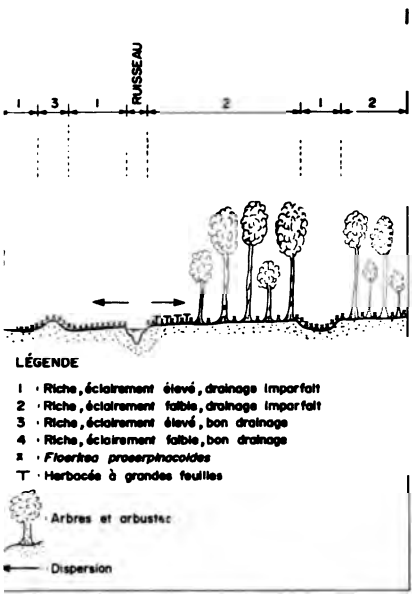
Résultats d'analyse de trois profils de sol

	Brunisol dystrique		*Régosol gleyifié*	*Gleysol humique*		
Place-échantillon	*9*		*1*	*3*		
Horizon	*Ah*	*Bm*	*Ah(g)*	*Ah*	*Bg*	*Cg*
Profondeur (cm)	0–5	5–13	0–12	0–10	10–22	>22
Sable (%)	45.0	47.0	54.0	30.0	55.0	69.0
Limon (%)	38.0	33.0	28.0	46.0	25.0	13.0
Argile (%)	17.0	20.0	18.0	24.0	20.0	18.0
Carbone organique (%)	8.49	3.42	5.46	7.63	3.73	0.81
N (%)	0.70	0.14	0.41	0.60	0.28	0.08
C/N (%)	12.1	24.4	13.3	12.7	13.3	10.1
P_2O_5 ass. (ppm)	38.0	33.0	38.0	30.0	34.5	31.5
Cations échang. (m.é./100g) :						
H	11.0	12.0	5.5	5.5	7.0	2.5
Ca	15.12	8.63	15.95	15.12	8.85	5.65
Mg	4.46	2.75	4.09	5.13	3.13	2.27
K	0.80	0.38	0.62	0.36	0.39	0.37
Mn	0.52	0.38	0.10	0.22	0.20	0.13
Na	0.11	0.07	0.09	0.16	0.12	0.07
Bases totales	21.01	12.21	20.85	20.99	12.69	8.49
Capacité d'échange	32.01	24.21	24.35	26.49	19.69	10.99
Saturation (%)	65	50	85	79	64	77
pH (eau)	5.1	4.7	6.3	5.6	5.0	5.2

ble de résumer sa présence et son abondance selon quatre états de l'habitat :

1 : riche, éclairement élevé, drainage imparfait.
2 : riche, éclairement faible, drainage imparfait.
3 : riche, éclairement élevé, drainage bon.
4 : riche, éclairement faible, drainage bon.

Le premier cas paraît fréquent en bordure des rivières tandis que le deuxième *se rencontre dans* des bois riches ou encore, dans des herbaçaies du type à *Onoclea* ou à *Symplocarpus*. Ces deux premières situations sont mentionnées à plusieurs reprises par les herborisateurs. Le troisième cas correspond à de petites élévations en milieu herbacé telle la place-échantillon 7. L'espèce peut également se trouver sur un versant à bon drainage et boisé. Nous croyons que les conditions de l'habitat 3 et 4 sont aptes



5. Différents habitats où peut croître
ea proserpinacoides.

oissance du *Floerkea* s'il existe à
té des habitats correspondant aux
remiers types de conditions. La
5 illustre de façon schématique
ıtre situations. Cette façon de voir
ermet de suggérer le processus
ersion de l'espèce. La dispersion
rkea se fait en première instance
rivières où les sols alluvionnaires
ent à la fois sa présence et son
nce. Il existe probablement beau-
'habitats favorables où cette en-
pu se rendre pour une raison ou
tre. Une fois installée, l'espèce
les milieux environnants, soit des
quivalant aux trois autres états de
t. Par la suite, l'évolution géo-
logique et la compétition sont
teurs qui occasionnent la dispa-
le l'espèce.

Remerciements

plus sincère gratitude s'adresse à mes-
/ictorin Lavoie et Léopold Gaudreau,
tes, qui ont *relu ce texte et y ont apporté* des suggestions fort pertinentes. Cordial merci à monsieur Pierre Masson pour avoir identifié nos mousses de même qu'à nos collègues botanistes H. J. Scoggan (CAN), J.-E. Cruise (TRT), W. J. Cody (DAO), J. S. Pringle (HAM) et Adèle Crowder (QK), qui nous ont fourni les informations nécessaires en vue de dresser la carte de distribution. Nous sommes aussi reconnaissants envers les responsables de la Division des sols de La Pocatière, Ministère de l'agriculture du Québec, qui ont analysé nos échantillons de sols. Nous tenons aussi à remercier bien sincèrement les autorités de CENTREAU de l'Université Laval dont la collaboration technique nous fut fort précieuse.

Références

ANONYME, 1970. The system of soil classification for Canada. Can. Dep. Agric., Ottawa.

BARNSTON, J., 1859. Catalogue of canadian plants in the Holmes' Herbarium. *Can. Nat.*, 4 : 100-116.

BOYOUCOS, G. J., 1936. Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. *Soil Sci.*, 42 : 225-229.

BRAUN-BLANQUET, J., 1932. Plant sociology. McGraw-Hill Book Co., New York.

CLÉONIQUE-JOSEPH, F., 1936. Sur quelques additions importantes à la flore du Québec. *Ann. ACFAS*, 2 : 63.

CLÉONIQUE-JOSEPH, F., 1937. Sur quelques additions à la flore du Québec. *Contr. Lab. Bot. Univ. Montréal*, 29 : 101-105.

DEAM, C. C., 1940. Flora of Indiana. Dept. Conservation, Div. Forestry, Indianapolis.

DRESSER, J. A. et T. C. DENIS, 1946. La Géologie de Québec, Vol. 2. Ministère des Mines, Québec, 647 p.

ERSKINE, D. S., 1951. Species newly or rarely reported from Nova Scotia and Cape Breton Island. *Rhodora*, 53 : 264-271.

ERSKINE, D. S., and W. B. Schofield, 1948. *Floerkea proserpinacoides* in Nova Scotia. *Rhodora*, 50 : 283-284.

FERNALD, M. L., 1950. Gray's Manual of Botany, 8th ed. American Book Company, New York, LXIV + 1632 p.

GRAHAM, E. R., 1959. An explanation of theory and methods of soil testings. Bull. Mo agric. *Exp.* Stn, No. 734.

GRANDTNER, M. M., 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Les Presses de l'Université Laval, Québec, XXVI + 216 p.

GROUT, A.J., 1928-39. Moss flora of North America North of Mexico. Publ. by A.J. Grout, Newfane, Vermont. 3 vols.

LAKELA, O., 1965. A flora of Northeastern Minnesota. University of Minnesota Press, Minneapolis.

GROUPE D'ÉTUDE SUR L'ÉCOLOGIE APPLIQUÉE À L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, 1970. Code pour les relevés d'inventaires écologiques du territoire. Serv. rech., Dir. gén. planf., Min. terres et forêts, Québec Guide 1, 2 tomes.

LOUIS-MARIE, P, 1937. La flore du Québec : Additions, soustractions et noms nouveaux. *Revue Oka*, 11 : 146-147.

MACOUN, J., 1883-90. Catalogue of Canadian plants. Dawson Brothers, Montréal, 5 parts.

MARIE-VICTORIN, Fr., 1935. Flore laurentienne. Frères des Écoles Chrétiennes, Montréal, 916 p.

PAYETTE, S. et B. GAUTHIER, 1972. Les structures de végétation : interprétation géographique et écologique, classification et application. *Naturaliste can.*, 99 : 1-26.

RAYMOND, M., 1950. Esquisse phytogéographique du Québec. *Mém. Jard. bot. Montréal*, 5 : 1-147.

ROLAND, A. E. and E. C. SMITH, 1969. The Flora of Nova Scotia. Nova Scotia Museum, Halifax, N.S.

ROULEAU, E., 1945. *Sporobolus asper* in Quebec. *Rhodora*, 47 : 272.

ROULEAU, E. 1964. *In :* Marie-Victorin, F., Flore laurentienne, 2ème ed. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 927 p.

ROUSSEAU, C., 1971. Recherches sur la distribution des principales espèces de la flore vasculaire de la péninsule du Québec-Labrador. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec.

SEXSMITH, J. J., 1965. Additions to the flora of Grosse-Ile, Québec. *Can. Fld Nat.*, 79 : 106-112.

SEYMOUR, E.C., 1969. The flora of New England. Charles E. Tuttle Co., Rutland, Vermont.

STEYERMARK, J. A., 1968. Flora of Missouri. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

VILLENEUVE, G.-O., 1969. Feuillaison et défoliation des feuilles au Québec. *Naturaliste can.*, 96 : 491-505.

Appendice I

Liste des récoltes canadiennes du *Floerka proserpinacoides* Willd comprenant une description d'habitat.

ONTARIO.

ESSEX. Centre of Pelee Island, May 11, 1939 ; damp woods ; *H. A. Senn 1162* (TRT). — S. E. Harrow, May 12, 1959 ; wet mesic hardwoods : dominants : *Quercus rubra, Ostrya virginiana, Fraxinus americana, Carya ovata, Ulmus americana.* Sub-dominants : *Erythronium americanum, Claytonia americana, Galium aparine, Phlox divaricata, Floerkea proserpinacoides ; P. F. Maycock et al. 6481* (QFA).

KENT. Rondeau Provincial Park, May 21, 1959 ; wet woodlands hardwoods ; *P. F. Maycock et al. 6016* (TRT).

LAMBTON. Florence, May 12, 1960 ; dry *mesic hardwoods :* dominants : *Fagus grandifolia, Acer saccharum, Ostrya virginiana, Acer nigrum, Quercus alba.* Sub-dominants : *Galium aparine, Carex pensylvanica, Phlox divaricata, Viola pubescens, Galium circaezans ; P. F. Maycock et al. 6016* (TRT).

HURON. Wingham, May 24, 1894 ; marshes and river banks ; *J. A. Morton* (TRT).

WATERLOO. Galt, May 31, 1907 ; damp woods ; *J. Macoun 81701* (CAN).

PRINCE EDWARD. Main Duck Island, June 9, 1964 ; opening in *Cornus stolonifera* swamp ; *R. Hainault 3285* (CAN).

RUSSELL. Casselman, May 14, 1891 ; wet places near springs ; *J. Macoun 2917* (CAN).

EC.

ɔUN. St. Paul Island (Nun's Island), l, 1944 ; with *Tovara virginiana, Clayto-ɣiniana, Hydrophyllum virginianum, Impa-allida, Tilia glabra* and *Acer rubrum*, wet ; *E. Rouleau 4001* (QFA). — Ile des May 6, 1963 ; wet mesic hardwoods : *americana, Fraxinus americana, Acer ·inum, Carya ovata ; P. F. Maycock 7544* ·. — Ile des Sœurs, 28 mai 1963 ; bois ; *R. Joyal* (QFA).

ɴTMAGNY. Grosse-Ile, 1945 ; growing lack muck of a small swamp-pocket on ɔer beach ; *R. P. Hanson 291* (DAO). aux Grues, 5 juin 1971 ; clairière dans ɪblière humide, abondante presqu'exclusi- *Rousseau et al. 71-87* (QFA).

NOUVELLE-ÉCOSSE.

KINGS. Cambridge, May 20, 1949 ; abundant on damp meadow, margin of Cornwallis River ; *W. B. Schofield* (QFA).

INVERNESS. Glenora, May 25, 1951 ; rare in damp places in rich hardwood forest ; *E. C. Smith et al. 4016* (QFA). — Mabou Highlands, June 23, 1952 ; abundant, wet meadow edges, and brookside, shaded ; *E. C. Smith et al. 6208* (TRT). — S. W. Margaree, May 27, 1954 ; locally abundant in mats, meadow ; *E. C. Smith et al. 10456* (TRT). — Near Queensville, June 3, 1954 ; very abundant and local, brook bank ; *E. C. Smith et al. 13660* (QFA).

INFLUENCE DE CERTAINES MÉTHODES DE FENAISON ET DE CONSERVATION SUR LA QUALITÉ D'UN MÉLANGE FOURRAGER

Ghislain PELLETIER [1]
Ferme expérimentale, Ministère de l'agriculture du Canada, Normandin, Québec

Résumé

Un mélange de fléole, de luzerne et de trèfle rouge a été récolté durant quatre années comme ensilage préfané, foin crêpé et non crêpé, séché dans le champ et à l'air chaud. Il ressort de cette étude que le crêpage n'a pas réduit le temps de séchage et n'a pas produit un foin de meilleure qualité. L'ensilage et le foin séché à l'air chaud ont donné un fourrage de meilleure qualité. Même si le fourrage coupé à un stade de croissance hâtif a perdu plus de qualité durant la fenaison et l'entreposage, il demeure meilleur que celui récolté tardivement.

L'évaluation de la qualité alimentaire du fourrage par des agneaux a révélé que les gains de poids étaient les mêmes à toutes les méthodes de conservation. La consommation d'un fourrage récolté sans pluie était la plus élevée.

Abstract

A mixture of timothy, alfalfa and red clover was harvested for four years as wilted silage, crushed and non-crushed hay, field-cured hay and warmed air dried hay. Crushing had no beneficial effect on curing time and forage quality. The silage and the warmed air dried hay were the best methods for preserving the quality of forages. Even if the roughages harvested at the earlier stage of maturity had heavier nutrient losts, they still had a better feeding quality.

The body weight gains of lambs were the same for all harvesting methods. Forage intake was lower for the roughages which had received a rain during the harvest.

Introduction

Dans les régions agricoles du nord du Québec et de l'Ontario, la récolte et la conservation des fourrages constituent une problème, car les étés sont pluvieux et la saison de végétation est courte et fraîche.

La majorité des cultivateurs n'y fait qu'une seule coupe de foin. De plus, afin de faciliter le séchage et d'augmenter les rendements, ils coupent le foin à un stade avancé. Les fourrages ainsi récoltés sont généralement de qualité médiocre, tant au point de vue de leur teneur protéique et énergétique que de leur digestibilité.

Il existe très peu d'information sur la valeur des méthodes de fenaison et de conservation des fourrages sous les conditions climatiques de ces régions.

Carter (1960) et Shepherd *et al.* (1954) ont trouvé que le foin séché en grange et l'ensilage étaient les meilleures méthodes pour conserver la matière sè-

[1] Adresse actuelle : Station de recherches, Ministère de l'agriculture du Canada, Lennoxville, J0B 1Z0

che (MS), les protéines brutes (PB), les matières grasses et l'amidon du fourrage. Carter (1960) mentionnait que la teneur en celluloses brutes (CB) était plus faible avec l'ensilage et que les pertes en énergie correspondaient aux pertes en matière sèche (MS). Il ajoutait que le séchage du foin à l'air chaud permettait de préserver une plus grande proportion d'éléments nutritifs digestibles que l'ensilage. De nombreux auteurs, Carter (1960), Halyk et Bilanski (1965) et Lloyd *et al.* (1961) ont conclu que la composition chimique et la valeur alimentaire du fourrage avaient une relation directe avec le stade de maturité à la récolte. Les méthodes de conservation étudiées par Carter (1960), soit l'ensilage, le foin séché en grange et le foin séché dans le champ, n'ont pas influencé la valeur alimentaire des fourrages quand ces méthodes étaient utilisées dans des conditions idéales de température.

Hidiroglou et Tessier (1965) ont montré que lorsque le fourrage était fané avant la mise en silo, la composition chimique de l'ensilage est plus stable que lorsque l'ensilage n'est pas préfané ; les pertes en MS, en azote hydrosoluble et en glucides étaient moins élevées et les fourrages plus appétissants avec la méthode du préfanage.

Fairbanks et Thierstain (1966), Fortin (1965), Luttrell (1961), Moore *et al.* (1959) et Zachariah *et al.* (1958) ont trouvé que le crêpage du foin avait réduit considérablement le temps de séchage, surtout [(Fortin (1965), Luttrell (1961), et Zachariah *et al.* (1958)] lorsque les tiges sont grosses et que le stade de maturité est plus avancé.

Dans le but de déterminer la méthode de fenaison et de conservation qui préserverait le plus la qualité du fourrage, *ce travail compare l'*ensilage préfané (E), le foin crêpé et séché dans le champ (CC), le foin non crêpé et séché dans le champ (C), le foin crêpé et séché à l'air chaud (CA), et le foin non crêpé et séché à l'air chaud (A).

Matériel et méthode

L'expérience a été réalisée avec un foin de première année et ce, durant les quatre années de l'essai. Les champs ont été ensemencés avec un mélange fourrager composé de fléole (*Phleum pratense* L., cv. Climax), de luzerne (*Medicago sativa* L., cv. Vernal) et de trèfle rouge (*Trifolium pratense* L., semence commerciale) aux taux respectifs de 6.7, 6.7 et 2.2 kg/ha. L'avoine a servi de plante-abri. Des champs différents ont été récoltés en 1963, 1964, 1965 et 1967 ; en 1966 les prairies ont été détruites par l'hiver.

Trois coupes par année ont été prélevées. En 1963, le stade de croissance à la coupe correspondait à celui recommandé dans la région. Les dates de coupe en 1964, 1965 et 1967 correspondaient au temps où la majorité des cultivateurs de la région Saguenay—Lac Saint-Jean récoltent leur fourrage.

Le peuplement des prairies fut déterminé par la séparation à la main des légumineuses, graminées et autres espèces à partir d'un échantillon de 500 à 1000 grammes.

Le foin séché à l'air chaud (méthodes CA et A fut mis en ballots à 40% d'humidité, puis séché sur une plate-forme recouverte et à plancher à claire voie reliée à un ventilateur de 92 cm de diamètre dont l'air chaud était fourni par un brûleur d'une capacité de 125,990 Kcal/h (500,000 BTU/h). L'ensilage fut mis dans des silos (tours à parois de contreplaqué) et le foin a été entreposé dans un fenil conventionnel.

La valeur alimentaire des fourrages a été évaluée, après 60 jours d'entreposage, à l'aide de cinq groupes de 8 agneaux d'un poids moyen de 35 kg et ce, durant une période de 14 jours en 1964 et de 21 jours en 1963, 1965 et 1967. Chaque groupe d'agneaux était alimenté successivement avec le fourrage provenant d'une des 3 coupes de chacune des cinq méthodes de fenaison. Le fourrage était servi *ad libitum* aux agneaux qui en plus consommaient 0.45 kg par tête et par jour d'un mélange 1:1 orge : avoine. L'eau et un mélange de minéraux étaient à la disposition constante des animaux. On a adopté une période pré-expérimentale de 4 à 5 jours pendant laquelle les agneaux recevaient les mêmes aliments qu'au cours de l'expérience.

La teneur en cellulose brute des fourrages fut déterminée selon la méthode de l'A.O.A.C. (1960). Pour l'analyse chimiques des protéines brutes, on a utilisé le procédé Kjeldahl (A.O.A.C., 1960). On a évalué le pourcentage de protéines en multipliant par 6.25 la quantité d'azote total libéré.

L'analyse de variance et le « Duncan's new multiple-range test » selon Steel et Torrie (1960) furent effectués pour chacun des facteurs composant les tableaux III, IV et V.

TABLEAU I

Date de coupe, pourcentage de floraison et composition taxonomique d'un mélange fourrager récolté au moyen de 5 méthodes différentes en 1963, 1964, 1965 et 1967

Année	*Date de coupe*	*Pourcentage de floraison au temps de la coupe*		*Composition de la prairie (%)*		
		Luzerne	*Trèfle*	*Légumineuses*	*Graminées*	*Total*
1963	25 juin	1	5	63	37	100
	2 juillet	5	15	68	32	100
	10 juillet	15	45	68	32	100
1964	30 juillet	40	50	53	47	100
	3 août	55	65	50	50	100
	10 août	80	85	41	58	99
1965	26 juillet	5	45	13	20	43
	2 août	20	55	33	24	57
	9 août	60	70	22	16	48
1967	31 juillet	35	55	17	35	52
	1 août	35	55	17	38	55
	8 août	80	100	29	29	58

Résultats

Le tableau I indique que le stade de maturité à la coupe était beaucoup moins avancé en 1963 que pour les autres années. La proportion de légumineuses a été considérablement plus élevée en 1963 et 1964 qu'en 1965 et 1967. Pour ces deux dernières années de récolte, la proportion du rendement fourni par les légumineuses et les graminées fut d'environ 50 pour cent ; l'autre 50 pour cent était constitué de plantes adventices.

L'intervalle moyen entre la coupe et la sortie du champ fut de 2.6 heures pour l'ensilage, d'un peu moins de cinq jours pour le foin séché au champ et d'environ

TABLEAU II

Teneur en humidité du fourrage et variations des conditions météorologiques pendant la récolte d'un mélange fourrager au moyen de cinq méthodes différentes en 1963, 1964, 1965 et 1967

Méthode et années	*Teneur en humidité du fourrage (%)*		*Intervalle entre la coupe et la sortie du champ*	
	à la coupe	*à l'entreposage*	*Durée (h)*	*Pluie (cm)*
E				
1963	77.3	63.9	5.0	0.00
1964	70.9	65.8	4.0	0.00
1965	73.9	72.5	0.7	0.08
1967	65.8	63.5	0.7	0.00
Moyenne	72.0	66:4	2.6	0.02
CC				
1963	76.3	20.7	95.0	0.65
1964	69.8	18.7	146.0	2.17
1965	73.6	21.7	98.7	1.97
1967	65.8	15.5	118.2	2.36
Moyenne	71.4	19.1	114.5	1.78
C				
1963	75.3	21.9	96.5	0.65
1964	69.7	19.7	147.3	2.17
1965	73.5	29.5	104.7	1.97
1967	65.8	17.1	120.6	2.36
Moyenne	71.1	22.0	117.3	1.78
CA				
1963	76.6	17.8	40.0	0.00
1964	69.3	14.2	42.7	0.16
1965	73.6	13.7	74.0	1.96
1967	65.8	11.1	46.2	1.85
Moyenne	71.3	14.2	50.7	0.99
A				
1963	75.7	19.7	41.0	0.00
1964	70.1	16.2	43.5	0.16
1965	73.7	14.9	77.0	1.96
1967	65.8	14.9	49.6	1.85
Moyenne	71.3	16.3	52.7	0.99

TABLEAU III

Composition chimique d'un mélange fourrager récolté à trois différentes dates de coupe en 1963, 1964, 1965 et 1967

Composant chimique	*Date de coupe* (1)	*Année*			
		1963	*1964*	*1965*	*1967*
Teneur en eau à la coupe (%)	1	74.8	74.8 a *	71.8	67.7 a
	2	75.7	71.0 a	76.0	66.9 a
	3	78.2	64.0 b	73.2	62.7 b
	Moyenne	76.2 a	69.9 b	73.6 a	65.8 c
Protéines brutes à la coupe (%)	1	16.5	14.3	12.8	13.3 ab
	2	16.7	13.4	13.8	13.7 a
	3	17.0	13.8	13.5	12.5 b
	Moyenne	16.7 a	13.8 b	13.4 b	13.2 b
Cellulose brute à la coupe (%)	1	24.9	31.6	28.2 c	32.3
	2	24.9	31.1	28.9 b	31.1
	3	24.5	30.9	29.9 a	30.3
	Moyenne	24.8 c	31.2 a	29.0 b	31.2 a

* Pour chaque composant chimique, les moyennes dans le même rang et les valeurs dans la même colonne sont significativement différentes (P = 0.05) lorsqu'elles sont suivies par des lettres différentes.

1 Les dates des coupes 1, 2, 3 sont indiquées au tableau I pour chaque année.

2 jours pour le foin séché artificiellement (tableau II). Le crêpage n'a pas réduit considérablement le temps de séchage, étant de 114.5 et 117.3 h respectivement pour les méthodes CC et C et de 50.7 et 52.7 h respectivement pour les méthodes CA et A. Le fourrage des méthodes CC et C a reçu près de deux fois plus de pluie après la coupe, soit 1.78 cm, que le fourrage des méthodes CA et A avec 0.99 cm.

La composition chimique du fourrage n'a pas varié entre les dates de coupe comme en témoigne le tableau III. Cependant, les teneurs en humidité et en PB ont été plus élevées en 1963 que pour les autres années. Par ailleurs, le contenu en CB fut moins élevée en 1963 qu'en 1965 et cette dernière moins élevée qu'en 1964 et 1967. La teneur moyenne en PB de l'ensilage à l'alimentation a été significativement ($P<0.01$) plus élevée que celle des méthodes CA, C et CC (tableau IV). À l'instar de la teneur en PB à la coupe, la teneur en CB à la coupe n'a pas montré d'écarts importants entre les différentes méthodes. À l'alimentation, la teneur moyenne en CB des méthodes E et A a été significativement ($P<0.05$) inférieure à celle des méthodes CC et C et celle de la méthode CA significativement ($P<0.05$) inférieure à celle de la méthode CC.

La consommation de fourrage a été inférieure dans le cas de l'ensilage en 1963 (tableau V). En 1964, les agneaux

ont consommé plus de fourrage traité selon les méthodes A, CA et C que selon les méthodes E et CC et plus selon la méthode CC que selon la méthode E.

En 1963, le gain de poids vif quotidien par agneau a été significativement ($P<0.05$) plus élevé avec la méthode CA qu'avec la méthode E, et ces dernières n'ont pas été différentes des méthodes CC, C et A. Le gain journalier moyen des quatre années n'a pas été significativement différent ($P<0.05$) entre toutes les méthodes de récolte.

Des corrélations étroites ont été observées entre la PB à la coupe et la perte de PB (en pourcentage du total à la coupe) pendant la fenaison et l'entreposage ($r = 0.880$), entre la perte de PB et l'augmentation de la proportion de CB (également en pourcentage du total à la coupe) pendant la fenaison et l'entreposage ($r = 0.861$), indiquant que les fourrages de meilleure qualité sont plus vulnérables. Une corrélation simple ($r = 0.993$) a été observée entre la pluie tombée sur le fourrage après la coupe et la consommation de fourrage par les agneaux.

Discussion

Les méthodes E, CA et A se sont révélées supérieures aux méthodes CC

TABLEAU IV

Composition d'un mélange fourrager récolté au moyen de cinq méthodes différentes en 1963, 1964, 1965 et 1967

Variable		*Année*	*Méthode*				
			E	*CC*	*C*	*CA*	*A*
Protéines brutes (%)	à la coupe	1963	16.8	16.5	16.9	16.7	16.8
		1964	14.0	13.9	14.0	13.5	13.6
		1965	13.7	13.3	13.8	13.2	12.9
		1967	13.6	13.2	12.9	13.2	13.1
		Moyenne	14.5	14.2	14.4	14.2	14.1
	à l'alimentation	1963	14.8	10.2	12.9	14.1	14.0
		1964	13.7	10.0	10.2	12.0	13.9
		1965	14.2 a *	11.5 c	12.4 bc	12.0 bc	13.3 ab
		1967	13.8 a	10.6 c	10.6 c	11.3 bc	12.3 b
		Moyenne	14.1 a	10.6 d	11.5 cd	12.4 bc	13.4 ab
Cellulose brute (%)	à la coupe	1963	25.1	25.5	24.5	24.3	24.5
		1964	31.1	31.5	31.1	30.9	31.5
		1965	28.9	30.2	28.6	29.2	28.3
		1967	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2
		Moyenne	29.1	29.6	28.9	28.9	28.9
	à l'alimentation	1963	25.1 b	34.9 a	31.5 ab	30.1 ab	30.8 ab
		1964	31.9 c	37.2 a	36.4 ab	34.8 b	31.3 c
		1965	32.3	32.5	32.7	31.2	30.3
		1967	33.0 b	36.3 a	36.3 a	33.9 b	33.0 b
		Moyenne	30.6 c	35.2 a	34.2 ab	32.5 bc	31.3 c

* Les valeurs dans le même rang suivies par des lettres différentes sont significativement différentes ($P = 0.05$).

TABLEAU V

- Valeur alimentaire d'un mélange fourrager récolté au moyen de cinq méthodes différentes en 1963, 1964, 1965 et 1967

Variable	*Année*	*Méthode*				
		E	*CC*	*C*	*CA*	*A*
Consommation journalière de MS par agneau (kg)	1963	0.92 b *	1.90 a	1.93 a	2.02 a	2.07 a
	1964	0.96 c	1.33 b	1.50 a	1.56 a	1.56 a
	1965	0.70	1.73	0.83	0.86	0.73
	1967	0.73	0.60	0.60	0.63	0.63
	Moyenne	0.83	1.14	1.22	1.26	1.24
Gain journalier de poids par agneau (kg)	1963	0.03 b	0.11 ab	0.12 ab	0.16 a	0.14 ab
	1964	0.06	0.04	0.04	0.05	0.06
	1965	0.15	0.16	0.14	0.17	0.14
	1967	0.13	0.12	0.12	0.13	0.15
	Moyenne	0.09	0.11	0.11	0.13	0.12
Consommation de MS (kg) par kg de gain	1963	30.6:1	17.3:1	16.1:1	12.0:1	14.8:1
	1964	16.0:1	33.2:1	37.5:1	31.2:1	26.0:1
	1965	4.7:1	4.6:1	5.9:1	5.0:1	5.2:1
	1967	5.6:1	5.0:1	5.0:1	4.8:1	4.2:1
	Moyenne	14.2:1	15.0:1	16.1:1	13.4:1	12.5:1

* Les valeurs dans le même rang suivies par des lettres différentes sont significativement différentes (P = 0.05).

TABLEAU VI

Relations entre certaines conditions et/ou composants chimques d'un mélange fourrager récolté selon cinq méthodes différentes en 1963, 1964, 1965 et 1967

Variables	*Coefficient de corrélation (r)*
Protéines brutes à la coupe et perte de protéines brutes pendant la fenaison et l'enteposage	0.880 *
Perte de protéines brutes et augmentation de la proportion de cellulose brute pendant la fenaison et l'entreposage	0.861 *
Pluie tombée sur le fourrage après la coupe et consommation de fourrage par les agneaux	−0.993 **

* Significativement différent de zéro (P<0.05)
** Très significativement différent de zéro (P<0.01)

et C en produisant un fourrage dont la teneur était plus élevée en PB et moins élevée en CB. Ces résultats confirment ceux de Carter (1960) et de Shepherd *et al.* (1954). Le fourrage fut également de meilleure qualité en 1963 probablement dû au fait que le fourrage avait été coupé à un stade de maturité peu avancé et que la quantité de pluie tombée après la coupe avait été moindre.

À l'opposé des résultats de Carter (1960), Fairbanks et Thierstain (1966), Fortin (1965), Morrison 1959) et Zachariah *et al.* (1958), le crêpage du fourrage n'a pas diminué considérablement le temps de séchage des fourrages, comme en témoigne le tableau II. Le fourrage crêpé sèche plus vite que le fourrage non crêpé lorsque les conditions de température sont favorables pour le séchage. On connaît par ailleurs l'action néfaste de la pluie et des rosées sur le

fourrage crêpé, telle que rapportée par Morrison (1959) et Shepherd *et al.* (1954), car celui-ci absorbe plus d'humidité qu'un foin non crêpé. Ainsi, les pluies fréquentes et les nuits fraîches et humides qui prévalent dans la région du Saguenay—Lac Saint-Jean au temps de la fenaison pourraient expliquer que le crêpage du foin n'a pas diminué considérablement le temps de séchage. De plus, le crêpage du fourrage n'a pas amélioré la qualité des fourrages. Les pertes de feuilles occasionnées par le râtelage sont habituellement plus élevées avec le fourrage crêpé qu'avec le fourrage non crêpé. Ceci pourrait expliquer les teneurs moins élevées en PB et plus élevées en CB du fourrage crêpé (tableau IV).

À l'instar des résultats obtenus par Carter (1960) et Shepherd *et al.* (1948 et 1954) avec des fourrages coupés au même stade de maturité, les différences de valeur nutritive entre les méthodes de fenaison comparées dans cet essai seraient minimes si on considère les gains de poids vifs des agneaux. Certains auteurs (Trimberger *et al.*, 1955) ont obtenu des différences plus considérables entre les mêmes méthodes, mais avec des fourrages récoltés à différents stades de maturité.

La consommation journalière de MS par agneau en 1963 et 1964 a été considérablement moindre avec l'ensilage qu'avec le fourrage traité et pourrait être attribuée à la teneur en humidité élevée de l'ensilage, rejoignant ainsi les résultats obtenus par Murduch (1964). Cependant, pour ces mêmes années de récolte, la consommation de MS a été considérablement plus élevée qu'en 1965 et 1967 alors que les précipitations avaient été plus considérables (tableau II) Ceci correspond aux conclusions de Crampton (1957) qui a démontré la *relation étroite entre* l'ingestion volontaire des fourrages et leur valeur nutritive.

La consommation de MS (kg) par kg de gain, au cours de cette expérience, n'est pas un indicatif de la valeur nutritive des fourrages récoltés. La grande variation entre les gains de poids est due à des facteurs difficiles à expliquer. Dans certaines répétitions, les gains ont été nuls, même si la consommation de MS était relativement élevée ; en conséquence, le rapport consommation de MS (kg) par kg de gain a été anormalement élevé et n'a eu aucune signification comme en témoignent les résultats. De plus, la consommation de concentrés semble avoir atténué les écarts qui auraient pu exister entre les divers fourrages.

Une corrélation étroite existe également entre la PB à la coupe et la perte de PB pendant la fenaison et l'entreposage. La protéine du fourrage coupé à un stade hâtif serait plus soluble et plus facilement détruite. Une corrélation a été observée entre la perte de PB et l'augmentation de la proportion de CB pendant la fenaison et l'entreposage, rejoignant ainsi les résultats obtenus par Trimberger *et al.* (1955).

En résumé, dans les conditions de cette expérience, (1) l'ensilage et le foin séché à l'air chaud ont produit un fourrage de meilleure qualité que les autres méthodes utilisées ; (2) le crêpage du fourrage n'a pas réduit le temps de séchage ni produit un fourrage de meilleure qualité ; (3) le fourrage coupé à un stade hâtif a perdu plus de qualité durant la fenaison et l'entreposage qu'un fourrage récolté à un stade tardif, tout en étant de meilleure qualité à l'alimentation ; (4) le mode de fenaison n'a eu aucune influence sur la performance des agneaux ; (5) la consommation de MS par des agneaux a été plus élevée quand

le fourage a subit moins de pluie et contenait moins de mauvaises herbes.

Remerciements

L'auteur remercie sincèrement M. Ludger Dufour pour l'initiation du travail, le personnel technique de la Ferme expérimentale de Normandin pour l'exécution des travaux et le Dr H. Gasser pour l'analyse statistique des données.

Références

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 1960. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists, 9th ed. Washington, D.C., 832 p.

CARTER, W.R.B., 1960. A review of nutrient losses and efficiency of conserving herbage as silage, barn-dried hay and field-cured hay. *J. Br. Grassld Soc.*, 15 (3) : 220-230.

CRAMPTON, E.W., 1957. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary intake and the overall feeding value of forages. *J. Anim. Sci.*, 16 (3) : 546-552.

FAIRBANKS, G.E. and G.E. THIERSTAIN, 1960 Performance of hay-conditioning machines. *Trans. Am. Soc. agric. Engrs*, 9 (2) : 182-184.

FORTIN, J.M., 1965. Efficacité des moyens mécaniques sur la rapidité de séchage du foin. Rapport de recherches, Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec, 1 : 24-25.

HALYK, R.M. and W.R. BILANSKI, 1965. Grassland harvesting equipment. Ontario Department of Agriculture, Toronto, Publ. No. 97, 46 p.

HIDIROGLOU, M. and J.L. TESSIER, 1965. Effect of wilting or additives on the quality of a silage of Timothy harvested at a high moisture content. *Can. J. Pl. Sci.*, 45 (2) : 125-131.

LLOYD, H.F., J.M. JEFFERS, E. DONEFER and E.W. CRAMPTON, 1961. Effect of four maturity stages of timothy hay on its chemical composition, nutrient digestibility and nutritive value index *J. Anim. Sci.*, 20 (1) : 468-472.

LUTTRELL, H., 1961. Hay conditioning contributes to quality hay in Tenessee. *Bull. Tenn. agric. Exp. Stn*, No. 327.

MOORE, C.V., J.H. SITTERLEY, and E.T. SHAUDYS, 1959. Costs of hay conditioning for faster field curing. *Res. Bull. Ohio agric. Exp. Stn*, No. 834.

MORRISON, F.B., 1959. Feeds and Feeding, 22nd ed. The Morrison Publishing Company, Clinton, Iowa, 1165 p.

MURDUCH, J.C., 1964. Some factors affecting the intake of roughage by sheep. *J. Br. Grassld Soc.*, 19 (3) : 316-320.

SHEPHERD, J.B., H. G. WISEMAN, R. E. ELY, C.G. MELIN, W.J. SWEETMAN, C.H. GORDON, L. G. SCHOENLEBER, R. E. WAGNER, L.E. CAMBELL and G.D. ROANE, 1954. Experiments in harvesting and preserving alfalfa for dairy cattle feed. *U.S.D.A. Tech. Bull.*, No. 1079.

SHEPHERD, J. B., M. H. SCHOENLEBER, H. G. WISEMAN, C.G. MELIN, W.J. SWEETMAN, W.H. HOSTERMAN and H.M. TYSDAL, 1948. Conservation of nutrients and feeding value of wilted silage, barn-cured hay and a poor quality field-cured hay. *J. Dairy Sci.*, 45 (8) : 688-689.

STEEL, R.G.D. and J.H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc.., Toronto, 481 p.

TRIMBERGER, G. W., W. K. KENNEDY, K. L. TURK, J. K. LOOSLI, J. T. REID and S. T. SLACK, 1955. Effect of curing methods and stage of maturity upon feeding value of roughages. Part 1. Same levels of grain. *Bull. Cornell Exp. Stn*, No. 910.

ZACHARIAH, P.J., K.C. ELLIOTT and R.A. PHILLIPS, 1958 Performance of forage crushers. *Bull. W. Va Univ. agric. Exp. Stn*, No. 418.

WEATHER EFFECTS ON FIELD DRYING OF FORAGES

A REVIEW

H.N. HAYHOE

Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Research Branch, Canada Department of Agriculture, Ottawa, K1A OC6.

Résumé

L'auteur présente une revue de la littérature concernant les relations entre le climat d'une part et la longueur de la période de séchage des herbages (graminées et légumineuses) ainsi que la qualité de la récolte d'autre part. Les écrits exprimant ces relations sous forme de modèles mathématiques font l'objet d'une attention spéciale. L'usage des facteurs climatiques dans des modèles simulateurs du régime de la récolte des fourrages est considéré. Enfin l'article se termine par une bibliographie de la littérature récente sur le sujet.

Abstract

A review of the literature which deals with the relation of weather factors to the drying rate and quality of harvested grasses and legumes is presented. Special attention is paid to those studies which have expressed these relationships in the form of a mathematical model. The use of weather factors in simulation models of forage harvesting systems is considered and a bibliography of recent literature in the subject area is included.

Introduction

In order to safely store a cut grass or legume, large amounts of moisture must be removed. This moisture loss is resisted by the closing of the stomata, by the waxy cuticle, and by the alterable permeability of mesophyll cell walls. The problem of moisture removal is complicated further by the different drying rates of leaves and stems. A requirement in making quality hay is the rapid removal of moisture to reduce losses due to respiration and other factors such as adverse weather conditions. One method which is commonly used to reduce the resistance of the stem to moisture loss involves conditioning the crop immediately after it is cut. In the process of conditioning, the stems are crushed or crimped in order to split the epidermis and expose more cells to the drying air. Conditioning has proven to be an effective method of accelerating moisture loss and equalizing the drying rate of leaves and stems.

Our purpose here is to briefly review studies which have been made to determine the relationship between weather factors and the drying rate of a cut grass or legume under field conditions. We will also review the effect of adverse weather on the quality of the harvested crop. Studies, which have expressed these relationships quantitatively as mathematical models, are of particular significance because they

Plant Research Institute, contribution N° 927.

could be used in forage harvesting system simulations to provide a prediction of the system's response to weather patterns.

Weather losses

The annual hay crop in Canada is worth more than 400 million dollars. Millions of dollars are lost each year because of adverse weather during haymaking. In this section we will review the adverse weather factors which cause these losses.

When rain falls on cut grasses or legumes, it leads to leaching of the soluble nutrients such as sugars. The net result is usually a substantial fall in the digestibility and consequently the feeding value of the hay. Kormos and Chestnutt (1968) investigated the effect of artificially applied « rain » on losses in dry matter. When increasing amounts of « rain » were applied, increased losses of dry matter occurred. Losses did not appear to be affected significantly by the frequency of « rain » or the stage of drying at which the « rain » was applied. For conditioned grass, loss of dry matter was found to be directly related to the degree of laceration. Hart and Burton (1967), in experiments with coastal bermudagrass, observed a similar relationship. They found that they could express losses in dry matter as a linear function of precipitation.

When hay is rained on, it loses in palatability as well as in nutritional value. Rakes *et al.* (1962) observed a decrease in the voluntary intake of rained on hay by dairy cattle as compared with similar hay that had not been rained on. If rain delays the harvesting of the crop, the result is a drop in the protein content, palatability, and digestibility of the hay. Trimberger *et al.* (1955) and *Slack et al. (1960)* have demonstrated the value of cutting the grass or legume early when it is in first flower or boot stage. The ideal harvesting period will last for only 2 to 3 weeks and therefore rainy weather may make it impossible to harvest good early-cut hay.

Under extreme conditions, precipitation can cause total loss of the crop through rotting and fermentation. This can happen if the swath is left undisturbed and collects water.

High humidity during the wilting period slows the drying rate and produces losses of crude protein and digestible dry matter. Kormos and Chestnutt (1967) have investigated the effect of the length of the wilting period on dry matter loss. They conclude that losses depend mainly on the prevailing weather conditions during drying. The major disadvantage of a prolonged wilting period is the increased probability of rain on the hay. Hart and Burton (1967) observed that crude protein content and digestible dry matter content decreased linearly as the number of hours with relative humidity over 85% increased. Much of this loss is the result of continued respiration. Greenhill (1959) has shown that respiration continues through the drying period, but at a slower rate, until the moisture content reaches about 35%. Hot and humid conditions lead to continued respiration which may account for a loss of up to 15% of the total dry matter present at cutting. Melvin and Simpson (1963), in their study of the « Chemical changes and respiratory drift during the air drying of ryegrass », found that fructosans and total soluble fructose residues decreased almost continuously throughout the drying period. They observed some protein breakdown, but losses of soluble carbohydrates accounted for most of the actual losses of dry matter. Warm humid conditions together with the supply of

nutrients may also lead to mould nent.

radiation, although it provides or removal of moisture, leads to of much of the carotene ori- contained in the grass. Hart and (1967) observed that carotene vere almost entirely a function solar radiation received during Solar radiation may scorch the so that they are brittle and fall the hay is raked or baled. Leaf uses a substantial decrease in itional value of a legume hay be- uch of the protein is contained eaves.

dels of the drying process

of the models used in the study drying of farm crops are devel- om the assumption that the me- of internal flow is that of dif- and that the driving force is he moisture concentration gra- the vapor pressure gradient. On sis, the dynamics of moisture nt can be described by the dif- quation of the form :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\nabla^2 C \qquad (1)$$

C = moisture concentration at any point within the medium
t = time
D = diffusion coefficient

d Johnson (1969) justified the equation (1) for describing the roblem.

ll *et al.* (1970) used the dif- quation to study the distribution ture in the alfalfa stem during For the analysis, the two-dimen- iffusion equation with no angu- ndence was solved. The geo- f the stem was assumed to be a uniform cylinder. The initial distribution of moisture was taken to be uniform. This model was used to study the effect of removing the outer layers of the stem, namely : the cuticle, epidermis, and cortex. Removal of all three resulted in increasing the drying rate by a factor of about 30. The model predictions compared favourably with experimentally observed values. It is suggested that these estimates could probably be improved by including the effects of capillarity, temperature, vapor pressure gradients and changing diffusivity with moisture content.

Rowe and Gunkel (1971) have considered a model of thin-layer artificial drying of forage at high temperatures. Under those conditions, the temperature within the plant material is substantially different from the surrounding air and varies with internal position. The rate of drying is influenced by material temperature. They developed a drying rate equation based on the diffusion equation which takes into consideration the fact that the diffusion coefficient varies with time. No geometry was assumed in considering the solution to equation (1) and the constants of integration were estimated by fitting the solution to experimental drying studies.

Many models of the drying process are constructed using empirical methods. Lewis (1921) suggested that the drying rate is proportional to the difference between the average moisture content in the material and the equilibrium content. This can be expressed in the form :

$$\frac{dM}{dt} = -k(M - M_e) \qquad (2)$$

where M = average moisture content
M_e = equilibrium moisture content
k = the drying constant and
and t = time

If we integrate (2) we obtain :

$$\frac{M-M_e}{M_o-M_e} = e^{-kt} \qquad (3)$$

where M_o = initial moisture content. Chen and Johnson (1969) stated that this model assumes that all the resistance to moisture flow is concentrated in a layer at the surface of the body.

Sherwood (1929) used a similar approach but divided the drying rate into two distinct periods : firstly, the constant-rate period where drying is assumed to be affected by the ambient conditions, and secondly, the falling-rate period where drying is asumed to be affected by the internal flow of moisture. Henderson and Perry (1955) observed that the drying of agricultural material occurs in the falling-rate period. Chen and Johnson (1969) subdivided the falling-rate period into two phases. They postulated a rate law of the form.

$$\frac{dM}{dt} = -k(M-M_c)^n \qquad (4)$$

where k and n were taken to be empirical constant which varied for different drying periods. M_c was the moisture content at the end of the period under consideration.

They were able to obtain a better fit than Lewis (1921) for experimentally observed drying curves.

Kemp *et al.* (1970) developed a mathematical model for field drying hay. The model they developed used the concept of latent evaporation which was introduced by Robertson (1954). They fitted the equation :

$$\frac{M-M_e}{M_o-M_e} = e^{-C_1 (L.E.) t^{C2}} \qquad (5)$$

to drying curves observed in the laboratory, where

L.E. = latent evaporation, cc/hr
t = time, hr
C_1 = regression coefficient
C_2 = constant

The best fit for drying-curves of alfalfa was obtained when $C_1 = -0.1$ and $C_2 = 0.6$.

The models we have discussed here show that it is possible to derive equations which fit drying curves very well under laboratory conditions. But they are not directly applicable to field drying hay because the meteorological factors which influence the process are continuously changing. One difficulty arises from that fact that the equilibrium moisture content is not constant but varies widely depending on temperature and relative humidity. Henderson (1952) developed an equation to predict M_e for a number of hygroscopic materials using temperature and relative humidity. Crampin and Dalton (1971) found they could use an equation similar to equation (2) to estimate the moisture content of standing grain provided they first estimated M_e from ambient air temperature and relative humidity using the formula derived by Henderson (1952).

A number of field experiments have been carried out to establish relationships between weather factors and the drying rates of cut grasses or legumes. Agena *et al.* (1968) found that drying rates could be expressed as a function of hourly day time saturation deficit. Spatz *et al.* (1970) tested a regression equation of the form

$$\ln(y) = \ln(a) - b_1x + b_2x^2 \qquad (6)$$

where y = moisture content

ln (a), b_1, and b_2 = regression coefficients and x = independent variable measuring the effect of weather.

ion (6) fitted the observed data when x equalled the sum over day hours from the time of cutting of y saturation deficit values. Day time defined as 9 to 18 hours. Other ›rological variables tested were l radiation and sunshine duration. ıese two, global radiation was the Spatz *et al.* (1970) used their l to study previous weather patterns termine which days one could have he crop to store as either silage, ge, barn dried or field cured hay ıot have had it rained on. Hart and n (1967) used multiple regression sis on data they collected on daily ıightly changes in moisture content t coastal bermudagrass to express ure content as a function of yield, pressure deficit and solar radiation.

ick and Van Elderen (1969) have ›sed an alternative to regression for oping models for field drying of They have illustrated the use of the uter language DYNAMO (DYNAmic ɜlling) for a computer simulation. ɜquations for evapotranspiration of plants given by Rijtema (1965) used to determine the loss of mois- from a swath of hay. Their model ded the effect of rainfall, which s that it can be used to estimate the ure content of hay in the swath under adverse weather conditions. ı the model was tested with field iments, good correlation was ob- d between the simulated and actual ure content.

Simulation models of forage harvesting systems

cause of the advances in techno- the farmer is now faced with the ɜm of choosing which system of ɡ and handling the hay crop will the highest economic returns under perational and climatic restraints. ıuter simulations of forage harvesting systems have been developed as a tool for farm planning. The value of these simulations depends to a very large degree on how accurately the effects of weather factors are modeled.

Cloud *et al.* (1968) constructed a simulation model for an economic analysis of hay harvesting and utilization. They used their simulation model to study the effects on farm income of the forage harvesting system, the date that harvest begins, the weather patterns, the method of grain feeding, and the size of herd. To analyze the effects of weather on the performance of a system, the simulation of the system was tested on historical weather observations from Concord, New Hampshire, for the 52-year period from 1910 through 1961. In the simulation, a rainy day was a 24-hour period starting at 5 pm in which more than a trace of rain fell. It was assumed the operator was unable to forecast the weather and that mowing would occur during the harvest period on every clear day except when there were 2 mowings already completed. The quality of field cured hay was classified as good if it was not rained on ; as damaged if it was rained on 1 to 5 days ; and as salvaged hay if it was rained on more than 5 days. Two clear days were required for the hay to field dry. The simulation was used to compare the performance of two systems over the 52-year weather records. One system involved mowing, crushing, field curing and baling while the other involved mowing, crushing, field drying for one day and then baling and barn drying without heat. The conclusion was that for a typical dairyman with a herd of approximately 75 cows and 100 acres of hay land, it would be profitable to aim toward a harvest system that would require only one day of field drying. This conclusion can only be assumed valid for a region with a climate similar to that of Concord, New Hampshire.

Fuller and Christensen (1970) have written a computer simulation of forage harvesting systems which generates the range, standard errors, and mean expectations of forage quantity and quality for specified plant growth patterns, acreages, harvest systems and historical weather data. They used the simulator to compare a field drying and baling system with a haylage system. To do this they made the assumption that two days without rain were required to field dry hay and that one half to one full day was required to wilt for a haylage system. During the haying season it was assumed the farmer would cut if it was not raining. For the data used, the haylage simulation model had lower expected annual operating costs and provided the specified nutrients with more consistency than the field drying and baling simulation model.

One limitation of these simulations is that they do not include the effects of weather factors such as temperature and humidity, on the drying rates. Drying rates and drying times vary widely depending on weather conditions. Even average drying times for a given climatic region can be substantially different from those assumed in the simulations discussed here. Fuller & Christensen (1970) assumed haylage systems required one half to one full day field drying, and that to completely field dry and bale it required 2 days. Moore (1971) assumes that for some parts of Ontario in June it requires 2 days of field drying for a haylage operation and 4 days to field dry and bale. To have a simulation which is applicable to a wide range of climatic conditions we feel that it should include equations relating drying times and field losses to weather factors other than *simply precipitation.*

Discussion and conclusion

A review of the literature and present research trends suggests the need for further work on relationships which express drying rates and nutrient losses for cut grasses and legumes as a function of weather factors and forage handling methods. The application of such functions in forage harvesting simulation models would make the simulations more reliable for studies in a wide range of climatic regions. Such relationships could also be used as a basis for giving a more definitive classification of drying weather than the commonly used system of classifying according to the presence or absence of measurable precipitation.

There is also a need for experimentation to explore the basic mechanisms involved in the drying process and in nutrient losses. In order to construct accurate physical models of field drying, we need a better understanding of the relationship between macroclimatic observations and the temperature, humidity and wind speed around and through the swath or windrow. At present, very little is known about moisture and temperature distributions within a swath or windrow or how they are related to the general weather conditions. Further experimental work under both field and laboratory conditions would improve our scientific knowledge and could be used as a basis for design of forage havesting methods.

Acknowledgements

The author acknowledges the assistance and helpful criticism of K. Lievers, D.M. Brown and the staff of the Agrometeorology Section, Plant Research Institute.

References

AGENA, M.U., D. BÄTJER, und G. WESSELS. 1968. Wieviel « Einfuhrtage » stehen im nordwestdeutschen Raum für die Bergung von Winterfutter zur Verfügung ? Ein Beitrag zur Ermittlung von verfügbaren Erntetagen wäh-

rend der Heu – und Silageernte. *Met. Rdsch.*, 21 : 169-175.

BABBITT, J.D., 1950. On the differential equations of drying. *Can. J. Res.*, Sect. A, 28 : 449-474.

BAGNALL, L.O., W.F. MILLIER and N.R. SCOTT, 1970. Drying the alfalfa stem. *Trans. ASAE*, 13 : 232-236.

BAIER, W. and G.W. ROBERTSON, 1965. Estimation of latent evaporation from simple weather observations. *Can. J. Pl. Sci.*, 45 : 276-284.

BAIER, W., 1971. Evaluation of latent evaporation estimates and their conversion to potential evaporation. *Can. J. Pl. Sci.*, 51 : 255-266.

BARGER, G.L., 1968. Meteorological input to operational decision making in agriculture. p. 24-27. *In* : Conference proceedings : Computer and farm machinery management. *ASAE Publication* PROC-468. 55 p.

BARRINGTON, G.P. and H.D. BRUHN, 1970. Effect of mechanical forage harvesting devices on field-curing rates and relative harvesting losses. *Trans. ASAE*, 13 : 874-878.

BHAN, A.K., 1957. Some engineering investigations of the effect of exposed area on the drying of alfalfa. Unpublished M.S. Thesis, Rutgers Univ., New Brunswick, N.J.

BODEN, S. M., C. CULPIN, R. G. JONES, G. SHEPPERSON, L.P. SMITH and D. E. WILLOWS, 1963. Quick haymaking. *Brit Min. Agric. Fisheries Food Bull.* 188, 69 p.

BOYD, M.M., 1959. Hay conditioning methods compared. *Agric. Engng*, 40 : 664-668.

BLIGHT, D.P., 1962. Swath harvesting : the rate of drying of oats in the swath. *J. agric. Engng Res.*, 7 : 8-11.

BORGMAN, E. and D.B. BROOKER, 1961. The weather and hay making. *Univ. Mo. Agric. Exp. Stn.*, B777, 8 p.

BREWER, H.L., 1971. Simulation strategy. Paper No. 71-525 presented at the ASAE annual meeting. Pullman, Wash., June 27-30.

BRÜCK, I.G.M. and E. Van ELDEREN, 1969. Field drying of hay and wheat. *J. agric. Engng Res.*, 14 : 105-116.

BYERS, G.L. and D.G. ROUTLEY, 1964. Physical and physiological approaches to drying alfalfa. *ASAE Paper* No. 64-011.

BYERS, G.L., and D.G. ROUTLEY, 1966. Alfalfa drying — Overcoming natural barriers. *Agric. Engng*, 47 : 476-485.

CARSLAW, H.S. and J.C. JAEGER, 1959. Conduction of heat in solids. 2nd ed. Oxford University Press, Amen House, London, 510 p.

CARTER, W.R.B., 1960. A review of nutrient losses and efficiency of conserving herbage as silage, barn-dried hay and field-cured hay. *J. Br. Grassld Soc.*, 15 : 220-230.

CHEN, C.S. and W.H. JOHNSON, 1969. Kinetics of moisture movement in hygroscopic material. I. Theoretical considerations of dying phenomena. *Trans. ASAE*, 12 : 109-113.

CHEN, C.S., 1971. Equilibrium moisture curves for biological materials. *Trans. ASAE*, 14 : 924-926.

CHU, Shu-Tung and A. HUSTRULID, 1968. General characteristics of variable diffusivity process and the dynamic equilibrium moisture content. *Trans. ASAE*, 11 : 709-710, 715.

CLOUD, C.C., G.E. FRICK and R.A. ANDREWS, 1968. An economic analysis of hay harvesting and utilization using a simultation model. *Bull. Univ. N. H. agric. Exp. Stn*, 495, 43 p.

CRAMPIN, D.J. and G.E. DALTON, 1971. The determination of the moisture content of standing grain from weather records. *J. agric. Engng Res.*, 16 : 88-91.

CRANK, J., 1956. The mathematics of diffusion. Oxford University Press, Amen House, London. 356 p.

DAWSON, J. E. and R. B. MUSGRAVE, 1950. Effect of moisture potential on occurrence of mold in hays. *Agron. J.*, 49 : 276-281.

DERBYSHIRE, J.C., C.H. GORDON, R.D. HOLDREN, and J.R. MENEAR, 1969. Evaluation of dewatering and wilting as moisture reduction methods for hay-crop silage. *Agron. J.*, 61 : 928-931.

DEXTER, S.T., W.H. SHELDON and Dorothy I. WALDRON, 1947. Equilibrium moisture content of alfalfa hay. *Agric. Engng*, 28 : 295-296.

DOBIE, J.B., J.R. GROSS, R.A. KEPNER, J.H. MEYER and L.G. JONES, 1963. Effect of harvesting procedures on hay quality. *Trans. ASAE*, 6 : 301-303.

DODDS, M.E. and W.L. PELTON, 1969. Weather factors affecting the change of kernel moisture in windrowed wheat. Agron. J., 61 : 98-101.

DONALDSON, G.F., 1968. Allowing for weather risk in assessing harvest machinery capacity. *Am. J. Agric. Economics*, 50 : 24-40.

FELDMAN, M., K.W. LIEVERS and S.E. BEACOM, 1972. Development of a systems approach to research in forage harvesting, handling, storage and utilization. Paper No. 72.309 presented at the CSAE annual meeting, Charlottetown, P.E.I.

FORD, R.M. and W.K. BILANSKI, 1969. Thermal diffusivity of alfalfa stems. *Trans. ASAE*, 12 : 249-251.

FULLER, E.I., and R.L. CHRISTENSEN, 1970. Computer simulation of forage harvesting systems. Paper P-149. Dept. Agric. Food Econ., Univ. Massachusetts, Amherst, Mass. 22 p.

GORDON, C.H., 1967. Storage losses in silage as affected by moisture content and structure. *J. Dairy Sci.*, 50 : 397-403.

GREENHILL, W.L., 1959. The respiration drift of harvested pasture plants during drying. *J. Sci. Fd Agric.*, 10 : 495-501.

GUILBERT, H.R. and S.W. MEAD, 1931. The digestibility of bur clover as affected by exposure to sunlight and rain. *Hilgardia*, 6 : 1-12.

HALL, C.E., 1964. Flail conditioning of alfalfa and its effect on field losses and drying rates. *Trans. ASAE*, 7 : 435-438.

HALL, C.W., 1957. Drying farm crops. Edwards Brothers, Ann Arbor, Mich, 336 p.

HALL, G.E., R.D. BRAZEE and C.W. HALL, 1970. Cross-sectional area measurement of alfalfa stems. *Trans. ASAE*, 13 : 577-579, 586.

HAMDY, M.Y. and W.H. JOHNSON, 1968. Analogue computer simulation of unidirectional moisture diffusion in hay wafers. *Trans. ASAE*, 11 : 153-154, 158.

HAMMER, P.C. and C.L. DAY, 1967. Thin-layer hay drying. *Trans. ASAE*, 10 : 645-647.

HART, R.H. and G.W. BURTON, 1967. Curing coastal bermudagrass hay : effects of weather, yield, and quality of fresh herbage on drying rate, yield and quality of cured hay. *Agron. J.*, 59 : 367-371.

HENDERSON, S.M., 1952. A basic concept of equilibrium moisture. Agric. Engng, 33 : 29-32.

HENDERSON, S.M. and R.L. PERRY, 1955. Agricultural process engineering. John Wiley *and Sons, Inc.* New York. 402 p.

HOBBS, E.H. and K.K. KROGMAN, 1966. Evapotranspiration from alfalfa as related to evaporation and other meteorological variables. *Can. J. Pl. Sci.*, 46 : 271-277.

JEFFERS, J.P.W. and L.M. STALEY, 1968. Minimum cost forage machinery selection related to rainfall probabilities. *Trans. ASAE*, 11 : 563-565.

JONES, J.G.W., 1970. The use of models in agricultural and biological research. Grassld Res. Inst. 134 p.

JONES, T.N., 1939. Natural drying of forage crops. *Agric. Engng*, 20 : 115-116.

JORDAN, K.A., T. TAKAKURA, and L.L. BOYD, 1969. Weather models for plants and animals. Paper no. 69-917 presented at the ASAE winter meeting. Chicago, Illinois. December 9-12.

JOSE, H.D., 1970. The economic effect of weather variables on forage machinery selection. M. Sc. thesis, Univ. Massachusetts, Amherst, Mass.

JOSE, H.D., 1971. Rainfall variability and economic machinery selection. Paper no. 71-A603 presented at the ASAE winter meeting, Chicago, Illinois. December 7-10.

JOSE, H.D., R.L. CHRISTENSEN and E.I. FULLER, 1972. Consideration of weather risk in forage machinery selection. Dep. Agric. Food Econ., Univ. Massachusetts, Amherst, Mass. 16 p.

KEMP, J.G. and W.S. ROACH, 1968. Latent evaporation. A measure of the hay drying rates. *Can. J. Pl. Sci.*, 48 : 554-555.

KEMP, J.G., G.C. MISENER and W.S. ROACH, 1970. Empirical formulae for field drying hay. Paper no. NA7-204 presented at the ASAE annual meeting, Newark, Delaware. August 16-18. 16 p.

KEPNER, R.A., J.R. GOSS, J.H. MEYER and L. G. JONES, 1959. Curing rates, field losses and feeding response with crimped rolled and untreated alfalfa hay. Paper no. 59-132 presented at ASAE annual meeting, Cornell Univ., Ithaca, N.Y.

KEPNER, R.A., J.R. GOSS, J.H. MEYER and L.G. JONES, 1960. Evaluation of hay conditioning effects. *Agric. Engng*, 41 : 299-304.

KIMBALL, N.D., G.S. WILLETT, and R.E. RIECK, 1968. Economic evaluation of forage hand-

ling systems. *Bull. Coll. Agric. Life Sci., Res. Div., Univ. Wis.* 590, 25 p.

KORMOS, J. and D.M.B. CHESTNUTT, 1967. Measurement of dry matter losses in grass during the wilting period. (1) The effects of length of the wilting period. *Rec. agric. Res. Minist. Agric., Nth. Ir.,* 16 : 145-150.

KORMOS, J. and D.M.B. CHESTNUTT, 1968. Measurement of dry matter losses in grass during the wilting period. (2) The effects of rain, mechanical treatment, maturity of grass and some other factors. *Rec. Agric. Res. Minist. Agric., Nth. Ir.,* 17 : 59-65.

KURTZ, P.J. and W.K. BILANSKI, 1968. Mechanically treating hay for moisture removal. *Can. J. agric. Engng.,* 10 : 60-63.

LAWRENCE, T. and C. ASHFORD, 1969. Effect of stage and height of cutting on the dry matter yield and persistence of intermediate wheatgrass, bromegrass, and reed canarygrass. *Can. J. Pl. Sci.,* 49 : 321-332.

LEWIS, W.K., 1921. The rate of drying of solid materials. *Ind. Engng Chem.,* 13 : 427-432.

LONGHOUSE, A.D., ed., 1960. Hay conditions in the northeastern United States. *Bull. W. Va. Univ. Agric. Exp. Stn,* 449, 32 p.

LYKOV, A.V. and Yu. A. MIKHAILOV, 1965. Theory of heat and mass transfer. Daniel Davey & Co., New York. 558 p.

MEARS, D.R. and W.J. ROBERTS, 1970. Methods of accelerating forage drying. *Trans. ASAE,* 13 : 531-533.

MELVIN, J.F. and B. SIMPSON, 1963. Chemical changes and respiratory drift during the air drying of ryegrass. *J. Sci. Fd Agric.,* 14 : 228-234.

MILLIER, W.F. and G.E. REHKUGLER,1970. A simulation — the effect of harvest starting date, harvesting rate and weather on the value of forage for dairy cows. Paper No. 70-127 presented at the ASAE annual meeting, Minneapolis, Minn. July 7-10.

MENZIES, D.J. and J.R. O'CALLAGHAN, 1971. The effect of temperature on the drying rate of grass. *J. agric. Engng Res.,* 16 : 213-222.

MOORE, C.E., 1971. Production and handling of forages. Ont. Dep. Agric. Food, Toronto. 20 p.

MURDOCK, J.C. and D.I. BARE, 1963. The effect of conditioning on the rate of drying and loss of nutrients in hay. *J. Br. Grassld Soc.,* 18 : 334-338.

NASH, M.J., 1959. Partial wilting of grass crops for silage. *J. Br. Grassld Soc.,* 14 : 65-72.

NELLIST, M.E., and J.R. O'CALLAGHAN, 1971. The measurement of drying rates in thin-layers of ryegrass seed. *J. agric. Engng Res.,* 16 : 192-212.

O'CALLAGHAN, J.R., D.J. MENZIES and P.H. BAILEY, 1971. Digital simulation of agricultural drier performance. *J. agric. Engng Res.,* 16 : 223-244.

OLIVER, J.H., 1960. Quality control in hay making. *Agric. Engng,* 41 : 748-750 and 761.

PENMAN, H.L. and R.K. SCHOFIELD, 1951. Some physical aspects of assimilation and transpiration. *Symp. Soc. exp. Biol.,* 5 : 115-129.

PERSON, N.K., Jr., and J.W. SORENSON, Jr., 1962. Comparison of the curing rates of several forage crops dried under controlled conditions. *Prog. Rep. Tex. agric. Exp. Stn,* 2227, 3 p.

PRIEPKE, E.H. and H.D. BRUHN, 1970. Altering physical characteristics of alfalfa to increase the dying rates. *Trans. ASAE,* 13 : 827-831.

PUGH, A.L., 1963. DYNAMO user's manual, 2nd ed. M.I.T. Press, Cambridge, Mass. 57 p.

RAKES, A.H., R.L. REID and I.D. PORTERFIELD, 1962. The feeding value for milk production of hays cut at various dates. *Curr. Rep. W. Va. agric. Exp. Stn,* 35. 10 p.

RASMUSSEN, K., 1969. The target for 1980, p. 4-17. *In :* K.F. Nielsen (ed), Proceedings of the Canadian Forage Crops Symposium, Modern Press, Saskatoon. 460 p.

RIJTEMA, P.E., 1965. An analysis of actual evapotranspiration. *Rep. agric. Res.,* Pudoc, Wageningen, 659. 107 p.

ROBERTSON, G.W., 1954. Latent evaporation. Its concept, measurement and application. Div. Field Husb., Soils Agric. Engng, Exp. Farms Service, Can. Dep. Agric., Ottawa. 18 p.

ROBERTSON, I.M., 1956. Swath harvesting : The process of drying. *J. agric. Engng Res.,* 1 : 125-131.

ROBERTSON, I.M., 1957. Swath harvesting: II The swath. *J. agric. Engng Res.*, 2 : 49-55.

ROWE, R.J. and W.W. GUNKEL, 1971. Simulation of temperature and moisture content of alfalfa during thin-layer drying. Paper no. 71-112 presented at the ASAE annual meeting, Pullman, Wash., June 27-30.

SANDERS, D.W. and W.F. LALOR, 1971. Weather simulation using general activities simulated program (GASP). Paper no. 71-531 presented at the ASAE annual meeting, Pullman, Wash., June 27-30.

SEGINER, Ido, 1970. Wind effect on the evaporation rate. *J. appl. Metrol.*, 10 : 215-220.

SHEPHERD, J.B., H.G. WISEMAN, R.E. ELY, C.H. MELIN, W.J. SWEETMAN, C.H. GORDON, L.G. SCHOENLEBER, R.E. WAGNER, L.E. CAMPBELL, G.D. ROANE and W.H. HASTERMAN, 1954. Experiments in harvesting and preserving alfalfa for dairy cattle feed. *Tech. Bull. USDA*, 1079. 147 p.

SHEPHERD, W., 1964. Paths and mechanisms of moisture movements in detached leaves of white clover (*Trifolium repens* L.). I. Losses of petiole moisture direct from petioles and via laminae. *Ann. Bot.*, 28 : 207-220.

SHEPHERD, W., 1965. Air speed effects during drying harvested pasture material. *Aust. J. agric. Res.*, 16 : 385-390.

SHEPPERSON, G., 1960. Effect of time of cutting and method of making on the feed value of hay. *Proc. 8th Int. Grassld Cong.*, p. 704-708.

SHEPPERSON, G. and J.K. GRUNDEY, 1962. Recent developments in quick haymaking techniques. *J. Br. Grassld Soc.*, 17 : 141-149.

SHERWOOD, T.K., 1929. The drying of solids. I. *Ind. Engng Chem.*, 21 : 12-16.

SHERWOOD, T.K., 1932. The drying of solids. IV. Application of diffusion equations. *Ind. Engng Chem.*, 24 : 307-310.

SIMPSON, B., 1961. Effect of crushing on the respiration drift of pasture plants during drying. *J. Sci. Fd Agric.*, 12 : 706-712.

SLACK, S.T., W.K. KENNEDY, K.L. TURK and O.A. BOYCE, 1960. Effects of chopping on feeding value of hay. *Bull. Cornell Univ. agric. Exp. Stn*, no. 950. 28 p.

SLACK, S.T., W.K. KENNEDY, K.L. TURK, J.T. REID and G.W. TRIMBERGER, 1960. Effect of curing methods and stage of maturity upon feeding value of roughages. Part 2: Different levels of grain. *Bull. Cornell Univ. agric. Exp. Stn*, no. 957. 40 p.

SPATZ, G., J. VAN EIMERN und R. LAWRYNOWICZ, 1970. Der Trocknungsverlauf von Heu im Freiland. *Bayer, Jb. landw.*, 47 : 446-464.

SPENCER, H.B., 1969. A mathematical simulation of grain drying. *J. agric. Engng Res.*, 14 : 226-235.

STETSON, L.E., R.L. OGDEN and S.O. NELSON, 1969. Effects of radiofrequency electric fields on drying and carotene retention of chopped alfalfa. *Trans. ASAE*, 12 : 407-410.

STONE, J.B., L.V. CROWDER, R.F. LUCEY and T.L. RAWLINS, 1967. Corn silage vs. hay for milk production. *Bull. Cornell Univ. agric. Exp. Stn*, no. 1016. 22 p.

STONE, J.B., G.W. TRIMBERGER and B.V. TRO, 1966. Ground and pelleted hay for dairy cattle. *Bull. Cornell Univ. agric. Exp. Stn*, no. 1010. 22 p.

TAYLOR, H.H. and W.L. BARR, 1968. An economic comparison of forage harvesting, storing, and feeding systems on Pennsylvania dairy farms. *Bull. Pa agric. Exp. Stn*, no. 751. 24 p.

THAINE, R., 1969. Investigations into water loss from blotting paper, grass leaves and stem internodes. p. 121-124. *In:* W.J.D. Sayer (ed.), Annual report. *Grassld Res. Inst.* 174 p.

THOMAS, J.W., L.D. BROWN, R.S. EMERY, E.J. BENNE and J.T. HUBER, 1969. Comparison between alfalfa silage and hay. *J. Dairy Sci.*, 52 : 195-204.

TRIMBERGER, G.W., W.K. KENNEDY, K.L. TURK, J.K. LOOSLI, J.F. REID and S.T. SLACK, 1955. Effect of curing methods and stage of maturity upon the feeding value of roughages. Part 1., same levels of grain. *Bull. Cornell Univ. agric. Exp. Stn*, no. 910. 43 p.

TULLBERG, J.N., 1965. An investigation into the effect of stomatal control on the drying rate of alfalfa. Unpublished M. S. thesis, Rutgers Univ., New Brunswick, N. J.

VON BARGEN, K., 1966. Systems analysis in hay harvesting. *Trans. ASAE*, 9 : 768-770, 773.

WATSON, S.J. and M.J. NASH, 1960. The conservation of grass and forage corps. Oliver and Boyd, Edinburgh. 758 p.

WHITAKER, T., H.J. BARRE and M.Y. HAMDY, 1969. Theoretical and experimental studies of diffusion in spherical bodies with a variable diffusion coefficient. *Trans. ASAE*, 12 : 668-672.

WHITNEY, L.F., H.M. AGRAWAL and R.B. LIVINGSTON, 1969. The effects of stomata opening on high temperature, short time drying of alfalfa leaves and orchardgrass. *Trans. ASAE*, 12 : 769-771.

WILKINSON, R. and C.W. HALL, 1965. Respiration rate of harvested forage. *Q. Bull. Mich. St. Univ. agric. Exp. Stn*, 47 : 518-526.

WILLIAMS, W.T. and F.A. AMER, 1957. Transpiration from wilting leaves. *J. exp. Bot.*, 8 : 1-19.

WITTWER, L.S., W.K. KENNEDY, G.W. TRIMBERGER and K.L. TURK, 1958. Effects of storage methods upon nutrient losses and feeding value of ensiled legume and grass forage. *Bull. Cornell Univ. agric. Exp. Stn*, no. 931. 35 p.

WOOD, J.G.M. and J. PARKER, 1971. Respiration during drying of hay. *J. agric. Engng Res.*, 16 : 179-191.

YOUNG, D.F., 1968. Simulation and modelling techniques. *Trans. ASAE*, 11 : 590-594.

YOUNG, J.H., 1969. Simultaneous heat and mass transfer in a porous, hygroscopic solid. *Trans. ASAE*, 12 : 720-725.

ZINK, F.J., 1935. Equilibrium moistures of some hays. *Agric. Engng*, 16 : 451-452.

ZINK, F.J., 1936. Moisture content at which alfalfa leaves shatter. *Agric. Engng*, 17 : 329-330.

ZUSMAN, P. and A. AMAID, 1965. Simulation : a tool for farm planning under conditions of weather uncertainty. *J. Fm Econ.*, 47 : 574-594.

liste can., 100 : 407-420 (1973).

QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET MINÉRALOGIQUES DES SÉRIES DE SOL CHALOUPE ET BATISCAN RELIÉES À LEUR ÉVOLUTION PÉDOGÉNÉTIQUE [1]

M.R. LAVERDIÈRE
Station de recherches, Ministère de l'agriculture du Canada, 2560 chemin Gomin, Ste-Foy, Québec

et

G.Y. LAFLAMME
Complexe scientifique du Québec, Ministère de l'agriculture du Québec, 555 boulevard Henri IV, Ste-Foy, Québec

Résumé

Deux loams sableux développés à partir de sédiments post-Champlain ont été étudiés. La série Chaloupe identifiée à un gleysol humique régosolique (Cryaquept) présente une discontinuité stratigraphique bien définie sous l'horizon Cg, laquelle ralentit considérablement son développement et son état de drainage. La série Batiscan, beaucoup mieux drainée que la précédente malgré la présence de couches dures plus limoneuses dans l'horizon IICg, offre toutes les caractéristiques d'un podzol humo-ferrique orthique (Typic Cryorthod) sauf pour la valeur du $\triangle$CEC de l'horizon Bf. La minéralogie de la fraction argileuse est similaire dans les deux profils. La vermiculite chloritisée domine dans les horizons supérieurs alors que dans la deuxième séquence d'horizons, la vermiculite non altérée est le constituant majeur de cette fraction. L'illite augmente généralement avec la profondeur. Le départ d'hydroxypolymères d'aluminium situés entre les feuillets de certains minéraux argileux contribue à accroître la CEC de l'argile de 25% dans certains horizons. La séparation des minéraux lourds (d>2.90) dans les fractions « sable fin » (250–100 μ) et « très fin » (100–50 μ) a montré la dominance d'amphibole dans ces deux fractions, la magnétite étant également importante dans la fraction très fine des sables. Le quartz, l'hydrobiotite et les feldspaths plagioclases et potassiques composent la fraction légère des sables.

Abstract

Two sandy loams developed from post-Champlain sediments were studied. The Chaloupe profile classified as a Rego Humic Gleysol (Cryaquept) showed a well defined stratigraphic discontinuity under Cg horizon, which reduced considerably its development and its drainage. The Batiscan profile was well drained in spite of hard loamy layers in IICg. All characteristics requested for a Humo Ferric Podzol (Typic Cryorthod) were found to exist, except the $\triangle$CEC value for the Bf horizon. Clay mineralogy was however quite similar in these two profiles. Chloritized vermiculite dominated in the clay fraction of upper horizons while unaltered vermiculite was the most important phyllosilicate in the second sequence of horizons. Illite increased slightly with depth. The release of Al interlayers by sodium citrate, contributed to increase the clay CEC by 25% in some horizons. The separation

---

[1] Contribution no 37 de la Station de recherches, Ministère de l'agriculture du Canada, ontribution no 161 du Service de la recherche et de l'enseignement du Ministère de l'a-iture du Québec.

of heavy minerals (d>2.90) in the fine (250–100 μ) and very fine (100–50 μ) sand fractions showed that amphiboles were the most important minerals in these fractions. Magnetite was also present in the very fine sand fraction of most horizons. Quartz, hydrobiotite and plagioclase and alkali feldspars were the constituents of the light fraction of sands.

Introduction

Les séries Chaloupe et Batiscan couvrent une superficie de plus de 23,000 hectares dans différents comtés situés sur la rive nord du Saint-Laurent (Godbout, 1957, 1962, 1967 ; Pageau, 1967 ; Raymond, Laflamme et Godbout, 1972). Ces deux séries issues d'un même matériel parental présentent des couches plus difficiles à pénétrer et peu perméables, dont l'épaisseur varie selon les différents sites. Ces couches sises parfois à moins de 60 cm de profondeur ralentissent considérablement l'infiltration de l'eau et diminuent le volume de la zone accessible aux racines. Bien que la pente sur laquelle ces sols se sont développés soit peu prononcée, il se produit une érosion superficielle lorsque

TABLEAU I

Description des profils Chaloupe et Batiscan

Loam sableux Chaloupe

Horizon	*Profondeur en cm*	*Description*
Ap	0-23	Loam sableux brun foncé (7.5YR 3/2 h) à brun (10YR 5/3 s) ; granulaire, fine ; très friable ; racines abondantes, fines ; limite graduelle et ondulée ; pH 5.9.
AC(Aegj)	23-38	Sable brun-gris très foncé (10YR 3/2 h) à brun-gris (10YR 5/2 s) ; quelques petites mottes gris cendré et début de la gleyification ; particulaire, fine ; friable ; limite des racines ; limite abrupte et régulière ; pH 4.7.
Cg	38-66	Sable gris (10YR 6/1 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; nombreuses taches rouge-brun foncé (2.5YR 3/4 h) à rouge-jaune (7.5YR 6/8 s) ; particulaire, fine ; friable ; limite graduelle et ondulée ; pH 5.0.
IIBgb	66-101	Loam limoneux gris (10YR 5/1 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; nombreuses taches rouge-brun (5YR 4/4 h) à rouge-jaune (7.5YR 6/8 s) ; massive ; horizon plus résistant à la pénétration ; limite graduelle et ondulée ; pH 5.6.
IIBgfb	101-106	Loam limoneux jaune-brun (10YR 5/8 h) à jaune (10YR 7/6 s) ; nombreuses taches rouge-brun (5YR 4/4 h) à rouge-jaune (7.5YR 6/8 s) ; massive ; friable ; limite abrupte et régulière ; pH 5.6.
$IICg_1$	106-156	Loam limoneux gris (10YR 6/1 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; nombreuses taches rouge-brun (5YR 4/4 h) à rouge-jaune (7.5YR 6/8 s) ; massive ; ferme ; limite graduelle et régulière ; pH 5.9.
$IICg_2$	156 +	Loam limoneux gris foncé (5YR 4/1 h) à gris (5Y 6/1 s) ; quelques taches pâles ; massive ; ferme ; lits très minces de sable fin, quelques grosses pierres ; pH 6.0.

TABLEAU I (suite)

Description des profils Chaloupe et Batiscan

Loam sableux Batiscan	
Profondeur en cm	***Description***
0-25	Loam sableux brun foncé (10YR 3/3 h) à brun pâle (10YR 6/3 s) ; particulaire, fine ; très friable ; beaucoup de racines fines et moyennes ; limite abrupte et ondulée ; pH 5.9.
25-26	Discontinu, incorporé à l'horizon de surface.
25-48	Loam sableux jaune-brun foncé (10YR 4/4 h) à jaune-brun (10YR 5/4 s) ; particulaire, fine ; très friable ; limite des racines ; limite abrupte et régulière ; pH 5.1.
48-58	Loam sableux à sable loameux gris (10YR 6/1 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; quelques taches ; particulaire, fine ; friable ; fragments de schiste peu altérés ; limite abrupte et régulière ; pH 5.1.
58-68	Sable loameux à loam brun-olive (2.5Y 4/4 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; nombreuses taches rouge-brun (5YR 4/4 h) ; particulaire, fine ; présence de couches minces (1 cm) plus difficiles à pénétrer ; limite abrupte et régulière ; pH 5.2.
68-90	Sable loameux gris-brun (2.5Y 5/2 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; nombreuses taches rouge-brun (5YR 4/4 h) ; particulaire, fine ; ferme ; limite diffuse et régulière ; pH 5.2.
90-120	Loam sableux gris (10YR 5/1 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; propriétés identiques à celles de l'horizon précédent ; pH 5.4.
120-210	Loam sableux gris (10YR 5/1 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; nombreuses taches rouge-brun (5YR 4/4 h) ; particulaire, fine ; ferme ; fragments de schiste arrondis, peu altérés ; limite diffuse et ondulée ; pH 5.7.
210 +	Loam sableux gris (10YR 5/1 h) à gris pâle (10YR 7/1 s) ; nombreuses taches rouge-brun (5YR 4/4 h) ; granulaire, fine ; très ferme ; pH 5.7.

reste en jachère ou qu'il est sou- une culture dans le sens de la

e étude constitue la première d'un travail entrepris dans le but ier certaines propriétés physiques rodynamiques de ces sols, suite travaux de sous-solage et de profond.

Matériel et méthodes

deux profils ont été échantillon- *2.7 km (46°40'N, 71°55'O)* au nord-est de Deschambault, comté de Portneuf. La topographie aux sites d'échantillonnage variait d'horizontale (Chaloupe) à faiblement ondulée (Bastican) et le drainage variait d'imparfait (Chaloupe) à modérément bon (Batiscan).

Ces deux séries de sol issues de limon et de sable très fin interlaminés recouvrent une bande parallèle au fleuve. Cette bande s'identifie à une succession de terrasses partant du niveau du fleuve jusqu'à 20 mètres d'altitude environ et à laquelle correspond une infrastructure

rocheuse constituée principalement de schistes Utica dans sa partie inférieure et de Trenton comme contact de faille dans sa partie supérieure. À ce niveau, il n'est pas rare de rencontrer des blocs rocheux granitiques enfouis. Une brève description de ces profils est donnée au tableau I.

MÉTHODES ANALYTIQUES

L'analyse granulométrique a été effectuée après destruction de la matière organique par H_2O_2 et extraction des oxydes libres de fer et d'aluminium par une solution de dithionite-citrate-bicarbonate (Mehra et Jackson, 1960). La fraction argileuse a été recueillie par sédimentation et les fractions sables ont été séparées par tamisage à sec pendant 20 minutes. Les densités apparentes ont été déterminées suivant la méthode de Leamer et Shaw (1941) modifiée par Russell (1942). La réaction du sol a été mesurée dans une solution de $CaCl_2$ 0.01M (Clark, 1965). Les cations échangeables ont été extraits à l'aide d'une solution de NaCl 2N et la capacité d'échange cationique a été déterminée dans une solution de $Ca(OAc)_2$ + $CaCl_2$ à pH 7.0 (Clark, 1965 ; Clark *et al.*, 1966). La teneur en carbone organique a été déterminée par oxydation au bichromate de potassium. Les pourcentages de fer et d'aluminium ont été évalués sur des extraits au dithionite-citrate-bicarbonate (Mehra et Jackson, 1960), à l'oxalate acide d'ammonium (McKeague et Day, 1966) après enlèvement de la magnétite, tel que suggéré par Baril et Bitton (1969) et au pyrophosphate de sodium (Bascomb, 1968). Le fer total a également été déterminé sur des extraits provenant d'une dissolution à l'eau régale. L'extraction de Al et de Fe interlamellaires a été effectuée sur l'argile en utilisant une solution de citrate de sodium 1N à pH 7.3 et à *100°C (Tamura,* 1958). La détermination de la capacité d'échange cationique de l'argile a été effectuée par semi-micro Kjeldhal (Bremner, 1960) sur des échantillons soumis ou non au traitement au citrate de sodium à 100°C et après saturation à l'acétate d'ammonium 1N à pH 7.0.

Les analyses minéralogiques de la fraction argileuse ($< 2\ \mu$) ont été effectuées à l'aide d'un diffractomètre à rayons-X Philips, équipé d'un tube au cuivre (Cu K $- \alpha$, $\lambda = 1.5418$A) et d'un filtre au nickel. La radiation était produite à 40kV et à 20mA. La vitesse du balayage était de 1°2 θ/min. Le stétrabromoéthane a été utilisé pour la séparation des minéraux lourds (Matelski, 1951 ; Brewer, 1964) sur les fractions fines (250-100 μ) et très fines (100-50 μ) des sables.

Résultats

ANALYSES PHYSIQUES

La distribution des fractions sable, limon et argile (tableau II) montre une discontinuité stratigraphique ou texturale très nette entre les horizons de la série Chaloupe. Les fractions « sable fin » et « sable très fin » dominent dans la partie supérieure du profil alors que le limon représente la fraction la plus importante à partir de l'horizon IIBgb. La teneur en argile, plus élevée dans les horizons inférieurs à Cg, tend à s'accroître avec la profondeur. Des variations texturales moins prononcées que dans la série Chaloupe sont également observées entre les horizons de la série Batiscan. Les fractions « sable fin » et « sable très fin » dominent dans tout le profil et varient de 50 à 75%. L'horizon IICg de ce profil, contenant des couches plus difficiles à pénétrer, présente des teneurs en limon et en argile supérieures à celles observées dans les horizons adjacents. Les pourcentages recalculés sur une base sans argile pour les diffé-

TABLEAU II

Analyse granulométrique et densité apparente des séries Chaloupe et Batiscan

Horizon	Profondeur cm	Densité apparente g/cm3	Sable %					Limon % 50–2 μ	Argile % <2 μ	Sable * %				Limon * % 50–2μ	S.M. + S.F. / S.T.F. + L. **
			2–0.5 mm	0.5–0.25 mm	0.25–0.10 mm	0.10–0.05 mm	Total			2–0.5 mm	0.5–0.25 mm	0.25–0.10 mm	0.10–0.05 mm		
Chaloupe															
Ap	0–23	1.2	1.3	1.4	21	39	63	32	5	1.4	1.5	22	41	34	0.31
AC (Aegj)	23–38	1.3	2.0	3.3	49	35	89	9	2	2.0	3.4	50	36	9	1.19
Cg	38–66	1.5	0.6	1.1	54	37	93	6	1	0.6	1.1	55	37	6	1.30
IIBgb	66–101	1.5	0.6	0.8	2	28	31	58	11	0.7	0.9	2	31	65	0.03
IIBgfb	101–106	—	0.9	1.3	4	17	23	66	11	1.0	1.5	4	19	74	0.06
$IICg_1$	106–156	1.5	0.8	1.0	3	11	16	70	14	0.9	1.2	4	13	81	0.05
$IICg_2$	156+	1.7	0.6	1.0	2	8	11	68	21	0.8	1.3	2	10	86	0.03
Batiscan															
Ap	0–25	1.3	2.1	2.2	26	39	69	26	5	2.2	2.3	27	41	27	0.43
Ae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bf	25–48	1.1	2.0	1.2	22	39	64	31	5	2.1	1.3	23	41	33	0.31
Cgj	48–58	—	1.7	1.2	30	40	73	23	4	1.8	1.3	31	42	24	0.49
IICg	58–68	1.6	0.9	0.8	16	38	56	36	8	1.0	0.9	18	41	39	0.24
IIICg	68–90	—	1.0	0.8	46	31	79	17	4	1.0	0.8	48	32	18	0.97
$IVCg_1$	90–120	1.5	1.7	1.2	13	39	55	38	7	1.8	1.3	14	42	41	0.18
$IVCg_2$	120–210	1.5	1.8	1.4	20	40	63	31	6	1.9	1.5	21	43	33	0.30
$IVCg_3$	210+	1.6	0.8	0.4	19	51	71	24	5	0.8	0.4	20	54	25	0.26

* Valeurs pour sable et limon recalculées sur une base sans argile.

** $\frac{S.M. + S.F.}{S.T.F. + L.}$: Rapport obtenu à partir des valeurs calculées sur une base sans argile pour sable moyen (0.5–0.25 mm) + sable fin (0.25–0.10 mm) sur sable très fin (0.10–0.05 mm) + limon (50–2 μ).

rentes fractions (tableau II) ainsi que les valeurs obtenues pour le rapport $\frac{S.M. + S.F.}{S.T.F. + L.}$ montrent d'une façon plus nette les variations texturales notées entre les différents horizons.

La densité apparente augmente avec la profondeur dans les deux profils. L'absence de structure et l'augmentation de la teneur en limon et en argile à la partie inférieure du profil Chaloupe sont responsables de cet accroissement.

Des mesures de la résistance du sol à la pénétration rapportées par Côté *et al.*, (1973) et effectuées à l'aide d'une pointe de 1/5 po² de section, ont donné des valeurs supérieures à 300 lbs/po² au niveau des couches plus difficiles à pénétrer contenues dans certains horizons du profil Batiscan. Cette forte résistance à la pénétration limite la zone accessible aux racines, celles-ci ne pouvant généralement pas s'enfoncer lorsque la résistance à la pénétration est supérieure à 261 lbs/po² (Grimes *et al.*, 1972).

ANALYSES CHIMIQUES

Les teneurs en carbone organique, en azote (tableau III) ainsi que les valeurs calculées pour le rapport C/N sont maximales dans les horizons Ap. La réaction des sols Chaloupe et Batiscan varie de très fortement à moyennement acide. Malgré ces réactions acides, les taux de saturation en bases sont très élevés et se situent à près de 100% dans tous les horizons. Les valeurs de capacité d'échange dépendante du pH ($\triangle$CEC) sont inférieures à 5 m.e./100g dans tous les échantillons.

Des teneurs maximales en fer extrait au dithionite (Fe_d), à l'oxalate acide d'ammonium (Fe_o) et au pyrophosphate de sodium (Fe_p) ont été trouvées dans l'horizon Bf de la série Batiscan et dans l'horizon IIBgfb de la série Chaloupe, exception faite cependant pour Fe_p dans ce dernier horizon. Fe_d représente entre 35 et 85% du fer total (Fe_t) extrait à l'eau régale mais n'est jamais supérieur à plus de 3 fois Fe_o. Les quantités d'aluminium extrait à l'oxalate (Al_o) sont supérieures à celles déterminées au dithionite (Al_d) dans la majorité des horizons et elles sont maximales dans l'horizon Bf. Les teneurs en Fe et Al extraits à l'oxalate ($\triangle Fe_o + \triangle Al_o$) pour l'horizon Bf de la série Batiscan excèdent de 0.81% celles obtenues pour l'horizon Cgj sous-jacent et le rapport matière organique/fer oxalate (M.O./Fe_o) est de l'ordre de 2. La valeur ($Fe_p + Al_p$) atteint 1.09% dans cet horizon.

ANALYSES MINÉRALOGIQUES

Argiles

Des diffractogrammes ont été enregistrés pour des échantillons d'argile ($<2\mu$) non orientés, saturés au Na et également pour des échantillons orientés ayant subi les traitements suivants: saturation au Ca, séchage à l'air et glycérolation, saturation au K, séchage à l'air et ensuite chauffage pendant une heure à 400 et à 550°C.

Les spectres obtenus à partir d'échantillons non orientés n'ont montré que des différences peu marquées entre eux. Le quartz, caractérisé par une raie très intense à 3.34A et par une seconde raie d'intensité moindre à 4.26A est présent dans tous les horizons. Les amphiboles et les feldspaths sont les autres minéraux primaires retrouvés dans la fraction argileuse de tous les horizons. La raie 060 sise à 1.50A et caractéristique des minéraux dioctaédriques est intense et bien définie dans les horizons supérieurs des deux profils mais tend à décroître en intensité avec la profondeur. Des minéraux de type trioctaédrique sont éga-

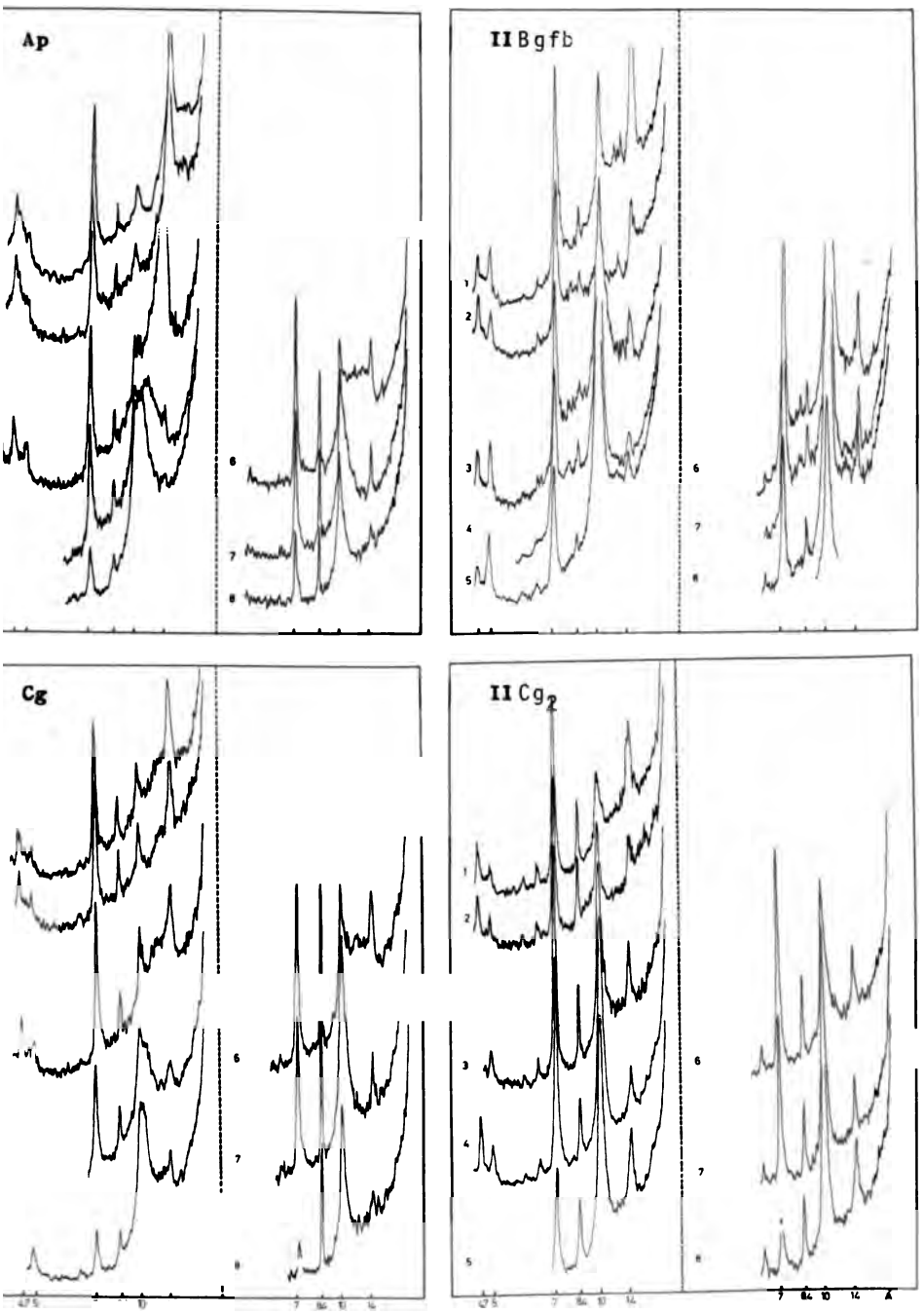


Figure 1 a. Diffractogrammes obtenus pour certains horizons de la série Chaloupe après traitements suivants : 1) saturation au Ca ; 2) Ca + glycérol ; 3) saturation au K ; 4) K + glycérol ; 5) K + 550°C ; 6) *citrate de Na* + K ; 7) cit. + K + 400°C ; 8) cit. + K + 550°C.

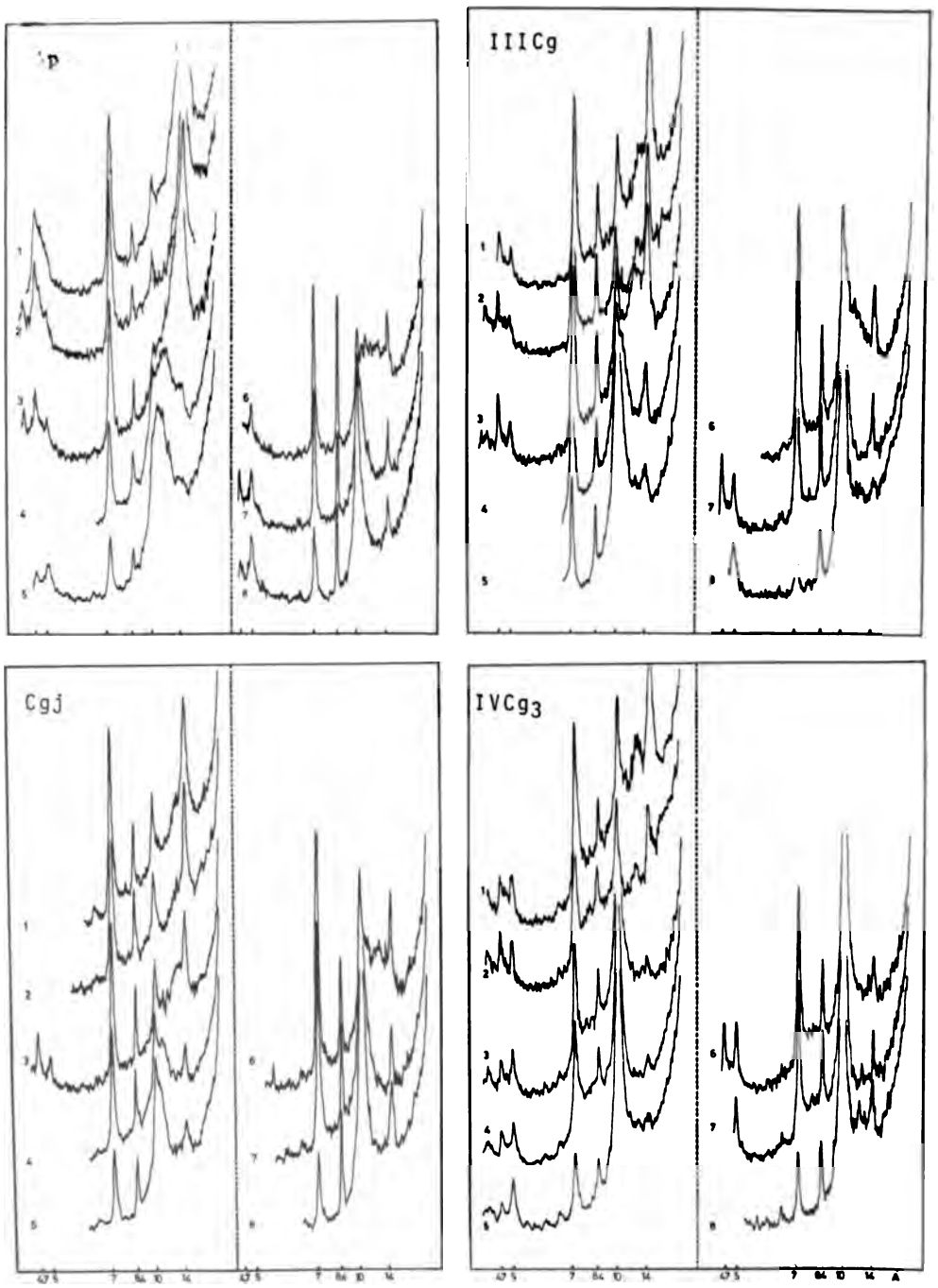


Figure 1 b. Diffractogrammes obtenus pour certains horizons de la série Batiscan après les *traitements suivants :* 1) saturation au Ca ; 2) Ca + glycérol ; 3) saturation au K ; 4) K + *400°C ; 5)* K + 550°C ; 6) citrate de Na + K ; 7) cit. + K + 400°C ; 8) cit. + K + 550°C.

TABLEAU III

Propriétés chimiques des séries Chaloupe et Batiscan

Horizon	C Organique %	N %	pH CaCl2 0.01M	Ca+Mg+Al m.e./100g	Saturation en bases	CEC pH7 m.e./100g	Δ CEC m.e./100g	Dithionite Fe %	Dithionite Al %	Oxalate Fe %	Oxalate Al %	Pyrophosphate Fe %	Pyrophosphate Al %	Fe Total %	% Fep+Alp %
Chaloupe															
Ap	2.6	0.20	5.3	4.8	99+	9.7	4.9	1.04	0.40	0.59	0.52	0.42	0.40	1.71	0.92
AC (Aegj)	0.7	0.06	4.6	0.5	99+	5.2	4.7	0.66	0.46	0.24	0.46	0.18	0.38	1.07	0.56
Cg	0.3	0.03	4.9	0.3	99+	5.4	—	1.02	0.32	0.44	0.44	0.25	0.21	1.57	0.46
IIBgb	—	0.02	5.1	4.4	99+	—	—	1.37	0.11	0.58	0.13	—	—	2.37	0.16
IIBgfb	0.1	0.02	5.3	5.1	99+	—	—	2.08	0.11	0.87	0.13	0.10	0.08	2.91	—
$IICg_1$	—	0.02	5.6	5.7	99+	—	—	0.92	0.08	0.40	0.11	—	—	2.31	—
$IICg_2$	—	0.02	5.7	5.9	99+	—	—	0.46	0.07	0.21	0.11	—	—	1.25	—
Batiscan															
Ap	2.4	0.19	5.5	4.9	99+	8.9	4.0	1.42	0.51	0.69	0.49	0.51	5.37	1.67	0.88
Ae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bf	1.0	0.08	4.9	0.7	99+	5.7	5.0	1.25	0.67	0.77	0.65	0.59	0.50	1.86	1.09
Cgj	0.2	0.06	5.1	0.3	99+	1.1	—	0.80	0.22	0.37	0.30	0.07	0.12	1.82	0.19
IICg	0.2	0.03	5.0	0.6	99+	3.3	—	0.86	0.23	0.39	0.30	—	—	1.89	—
IIICg	0.2	0.03	5.0	0.4	99+	—	—	1.08	0.31	0.44	0.41	0.08	0.14	2.19	0.22
$IVCg_1$	0.1	0.02	5.0	2.2	99+	—	—	1.06	0.14	0.48	0.17	—	—	1.93	—
$IVCg_2$	—	0.03	5.3	3.9	99+	—	—	0.97	0.10	0.38	0.10	—	—	2.42	—
$IVCg_3$	—	0.02	5.3	3.1	99+	—	—	0.68	0.05	0.22	0.06	—	—	1.88	—

lement présents bien que la raie 060 n'ai pu être isolée de la raie sise à 1.54A et spécifique au quartz.

Les diffractogrammes obtenus à partir d'échantillons orientés et saturés au Ca (fig. 1) montrent un pic très intense à 14A, lequel n'est pas déplacé après glycérolation sauf partiellement dans l'horizon $IICg_2$ de la série Chaloupe. Un pic bien défini, mais de faible intensité à 18A, confirme la présence d'une certaine quantité de montmorillonite dans cet horizon. La saturation au K entraîne un déplacement très net de ce pic à 14A vers 10A dans tous les horizons inférieurs à IIBgb (Chaloupe) et à IIICg Batiscan), laissant ainsi présager la présence d'une vermiculite. Dans les horizons de surface ce déplacement complet du pic à 14A vers 10A ne s'effectue qu'à la suite d'un chauffage à 550°C, laissant toutefois au pic à 10A une allure évasée du côté des bas angles et impliquant le présence de vermiculite chloritisée. Cette hypothèse a été vérifiée sur des échantillons d'argile traités au citrate de Na (Tamura, 1958) ; ce traitement étant destiné à enlever les hydroxypolymères d'aluminium se situant en position inter-feuillets. Les valeurs obtenues pour Al (tableau III) atteignent 268 m.e./100g dans l'horizon Cg (Chaloupe) et 197 m.e./100g dans l'horizon Bf (Batiscan). Les échantillons ayant subi le traitement au citrate de Na, suivi d'une saturation au Ca, montrent un pic plus intense à 14A, mais non déplacé après glycerolation. Cependant la saturation au K entraîne un déplacement du moins partiel de ce pic vers 10A et confère à celuié-ci une allure plus effilée.

La chlorite est également présente dans tous les horizons. Un pic résiduel à 14A plus intense que le pic à 7A à la suite du chauffage à 550°C confirme la présence de ce minéral. Une dissolution *des chlorites par* HCl dilué (80°C) suivie d'un nouvel examen aux rayons-X n'a montré aucun pic résiduel à 7A, éliminant ainsi l'évantualité de la présence d'une kaolinite. Les micas sont présents en faible quantité dans les horizons de surface et augmentent en profondeur. Les pics caractéristiques à 10 et 5A ont été observés sur la plupart des diffractogrammes et l'allure légèrement évasée du pic à 10A du côté des bas angles suggère la nature illitique de ce mica.

Sables

La séparation des minéraux lourds ($d>2.90$) a été effectuée sur les fractions « sable fin » (250-100 μ) et « sable très fin » (100-50 μ). Des teneurs plus élevées en minéraux lourds ont été notées dans la fraction « sable très fin » des horizons supérieurs de la série Chaloupe ainsi que dans les horizons Cgj et IIICg de la série Batiscan. La magnétite formant de minces lits principalement dans le profil Batiscan se retrouve dans tous les horizons de ce profil à l'exception de Ap et de Bf, ainsi que dans les horizons inférieurs à Cg dans la série Chaloupe. La fraction lourde a été broyée pour fin d'examen aux rayons-X après que la magnétite eut été enlevée à l'aide d'un aimant. Les amphiboles (hornblende et actinote) dominent dans cette fraction. D'autres minéraux tels le diopside, l'enstatite et l'hyperstène sont distribués dans la majorité des horizons mais en quantités moindres.

La fraction des minéraux légers ($d<2.90$) représente plus de 90% des fractions « sable fin » et « sable très fin » et est composée de quartz et de feldspaths plagioclases et potassiques. Un minéral de couleur verdâtre est également présent sous forme de paillettes dans tous les horizons des deux profils. Les diffractogrammes obtenus à partir de ce minéral isolé présentent des pics

intenses à 12.4, 10.1 et 3.35A que d'autres d'intensité moindre à 7.1, 4.99 et 3.57A. Plusieurs pics :ionnés ci-dessus peuvent être attri- à un minéral du type hydrobioti- partiellement altéré. Une saturation Mg suivie d'une glycérolation a en- é un déplacement partiel du pic à 12.4A vers 13.6A, confirmant la présence d'un interstratifié du mica-smectite. La saturation au K, e des chauffages à 110, 400 et 'C, montre un déplacement pro- sif du pic à 12.4A vers 10A. La ation de ce minéral passe alors de âtre à doré. Une faible quantité de nite (7.1 et 3.57A) est également ciée à ce minéral.

Discussion et conclusions

s séries Chaloupe et Batiscan pré- ent dans leur horizonation de minces de magnétite. Ce phénomène ainsi la présence de discontinuités textu- ou stratigraphiques bien définies irment l'origine sédimentaire et ré- e de ces profils. Gadd (1971) dans rapport sur la géologie des basses- s du Saint-Laurent, qualifie ces ts de post-Champlain, dû au fait s ne contiennent aucun coquillage r'il sont situés à un niveau très bas, parativement à celui atteint par la Champlain.

présence de couches plus fermes rvées dans les profils Batiscan et oupe a également été rapportée par l (1971) dans certains sols de cette n. Ces couches présentent des te- s en argile, en limon, en Fe_o et Fe_t rieures à celles observées dans les ons adjacents. Les variations au s de la période de sédimentation que la cimentation des particules par des oxydes de fer seraient res- ables de cette *induration*.

Les valeurs relativement basses mais constantes obtenues pour le pH ainsi que les taux de saturation en bases très élevés dans tous les horizons montrent que le lessivage n'est pas le seul facteur responsable du développement des profils ; ces valeurs reflètent simplement la nature et l'arrangement du matériel original. Des accumulations de fer et d'aluminium ont cependant été observées. Dans l'horizon IIBgfb de la série Chaloupe, horizon moins ferme, les mécanismes d'oxydation sont particulièrement actifs et il en résulte un accroissement très marqué de Fe_d Fe_o et Fe_t ainsi qu'un changement très net dans la coloration de cet horizon. L'horizon Bf de la série Batiscan présente des valeurs de 0.65 pour Al_o, 0.81 pour ($\triangle Fe_o + \triangle Al_o$) et de 2 environ pour le rapport $M.O./Fe_o$. Ces valeurs satisfont aux normes suggérées par McKeague et Day (1969) et par le *National Soil Survey Committee* (1968) pour les horizons B podzoliques. Cependant cet horizon ne présente qu'un $\triangle$CEC de 5 m.e./100g, ce qui est inférieur à la valeur proposée par Clark *et al.* (1966) pour ce type d'horizon.

La minéralogie de la fraction argileuse montre un léger accroissement des minéraux micacés avec la profondeur et une augmentation des minéraux du type vermiculite vers la surface. Ceci serait attribuable non seulement à l'altération plus poussée des micas dans les horizons de surface mais possiblement aussi à la nature du dépôt lui-même. Les processus de chloritisation suivent une tendance similaire à l'altération des micas. Dans la série Chaloupe, les valeurs obtenues pour Al interlamellaire tranchent d'une façon très nette avec la fin de la première séquence d'horizons alors que dans la série Batiscan des valeurs élevées se retrouvent également dans la deuxième séquence d'horizons. L'absence d'un substratum limoneux et compact

TABLEAU IV

Valeurs de CEC, Al et Fe interlamellaires déterminées sur la fraction argileuse

Horizons	*Al m.e./100g*	*Fe m.e./100g*	*CEC m.e./100g*	*CEC * m.e./100g*	*ΔCEC ** %*
Chaloupe					
Ap	131	16	51.7	57.9	12.0
AC (Aegj)	193	17	40.3	48.4	20.1
Cg	268	26	38.8	45.5	17.3
IIBgb	87	16	43.7	48.4	10.7
IIBgfb	78	15	46.0	48.3	5.0
$IICg_1$	68	10	37.3	40.0	7.2
$IICg_2$	30	14	21.2	22.5	6.1
Batiscan					
Ap	155	17	52.1	65.0	25.0
Ae	—	—	—	—	—
Bf	197	18	42.3	53.3	26.0
Cgj	174	19	38.7	43.1	11.4
IICg	152	13	51.7	59.0	14.1
IIICg	175	19	43.0	50.0	16.3
$IVCg_1$	90	16	43.4	51.7	19.1
$IVCg_2$	92	16	39.6	42.6	7.6
$IVCg_3$	92	17	35.0	37.6	7.4

* déterminée après traitement au citrate de Na (Tamura, 1958).

** ΔCEC : variation en % de la CEC obtenue après traitement au citrate de Na.

dans le profil Batiscan, favorise un meilleur drainage ainsi que les divers mécanismes d'altération dans une plus grande partie du profil. Les valeurs obtenues pour Al (tableau III) sont inférieures à celles rapportées par Frink (1965) et Sawhney (1960), mais sont cependant supérieures à celles obtenues par De Kimpe (1970), pour un podzol développé au Québec. Les valeurs de CEC de l'argile (tableau IV), plus élevées dans les horizons supérieurs, montrent bien qu'il existe une différence dans la composition de cette fraction et que la présence de Al intermellaire contribue à diminuer la CEC. Il n'existe cependant pas de relation précise entre la quantité de Al extrait et l'augmentation de la CEC, ceci pouvant être attribué à la présence d'aluminium libre ou de matériel mal cristallisé. Les quantités de fer extrait au citrate de sodium sont faibles dans tous les horizons et l'influence de ce cation sur le CEC serait mineure comparativement à celle de Al.

CLASSIFICATION DES PROFILS

Le profil Chaloupe échantillonné ne constitue pas l'individu modal de cette série, les horizons supérieurs présentant généralement des teneurs plus élevées en limon ; cependant il constitue le type fréquemment associé à la série Batiscan. Les horizons Ap et Cg séparés par un horizon intermédiaire AC lequel manifeste certaines caractéristiques d'un Ae, soit pH légèrement inférieur et quan-

tités d'oxydes de fer moindres que dans l'horizon inférieur, se superposent aux horizons IIBgb et IIBgfb, lesquels auraient été propablement enterrés à la suite d'apport de matériel par l'érosion et/ou par des travaux agricoles. La présence de plus de 4% de matière organique dans l'horizon Ap et d'un début de gleyification dans l'horizon AC, permettent l'appellation de gleysol humique régosolique pour ce profil. Selon la classification américaine (Soil Survey Staff, 1967), ce sol serait classé comme étant un Entic Crypaquept. Cette classification est cependant sous réserve, ce profil étant en intergrade entre les Inceptisols et les Entisols.

La série Batiscan beaucoup plus développée et mieux drainée que la précédente, présente tous les caractères d'un podzol humo-ferrique orthique (Typic Cryorthod) sauf pour $\triangle$CEC. Ce profil présente également quelques propriétés particulières aux podzols humo-ferriques sombriques, à savoir, taux de saturation en bases supérieurs à 90% et valeurs de pH dans $CaCl_2$ 0.01M inférieures à 5.5 dans tous les horizons. La couleur de l'horizon Ap ne rencontre cependant pas les normes proposées.

Remerciements

Les auteurs désirent remercier sincèrement monsieur René Raymond pour ses nombreuses suggestions ainsi que pour la revision du manuscrit. Des remerciements s'adressent également à monsieur Roger Baril pour les informations concernant la classification des sols selon les normes de la systématique américaine et à messieurs Denys Côté et Gilles Dupuis pour l'aide apportée lors de l'échantillonnage de ces profils.

Références

BARIL, R. W. et G. BITTON, 1969. Teneurs élevées en fer libre et identification taxonomique de certains sols du Québec contenant de la magnétite. *Can. J. Soil Sci.*, 49 : 1-9.

BASCOMB, C. L., 1968. Distribution of pyrophosphate extractable *iron and organic* carbon in soils of various group. *J. Soil Sci.*, 19 : 251-368.

BREMNER, J. M., 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *J. agric. Sci.*, 55 : 1-23.

BREWER, R., 1964. Fabric and mineral analysis of soils. J. Wiley & Sons, New York, p. 428-432.

CLARK, J.S., 1965. The extraction of exchangeable cations from soils. *Can. J. Soil Sci.*, 45 : 311-322.

CLARK, J.S., J.A. McKEAGUE and W.E. Nichol, 1966. The use of pH-dependent cation-exchange capacity for characterizing the B horizons of brunisolic and podzolic soils. *Can. J. Soil Sci.*, 46 : 161-166.

CÔTÉ, D., G. LAFLAMME, G. DUPUIS et M. LAVERDIÈRE, 1973. Effet d'un sous-solage ou d'un labour profond sur des sols (séries Chaloupe et Batiscan) présentant des couches indurées. Rapport préliminaire. Projet 552-50. Minist. Agric. Colonis. Québ., 26 p.

DE KIMPE, C., 1970. Chemical, physical and mineralogical properties of a podzol soil with fragipan derived from glacial till in the province of Québec. *Can. J. Soil Sci.*, 50 : 317-330.

FRINK, C. R., 1965. Characterization of aluminum interlayers in soil clays. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 29 : 379-382.

GADD, N. R., 1971. Pleistocene geology of the central St. Lawrence lowland. *Mem. geol. Surv. Brch Can.*, No. 359, 154 p.

GODBOUT, G., 1957. Étude pédologique du comté de Berthier. *Bull. Tech. Minist. Agric. Colonis. Québ.*, no 5, 112 p.

GODBOUT, G., 1962. Étude pédologique du comté de Maskinongé. *Bull. Tech. Minist. Agric. Colonis. Québ.*, no 9, 86 p.

GODBOUT, G., 1967. Étude pédologique des comtés de Champlain et de Laviolette. *Bull. Tech. Minist. Agric. Colonis. Québ.*, no 15, 72 p.

GRIMES, D. W., R. J. MILLER, V. H. SCHWEERS, R. B. SMITH and P. L. WILEY, 1972. Soil strength, modification of root development and soil water extraction. *Calif. agric.*, 26 (11) : 12-14.

LEAMER, R. W. and B. T. SHAW, 1941. A simple apparatus for measuring non-capillary

porosity on an intensive scale. *J. Am. Soc. Agron.*, 33 : 1003-1009.

MATELSKI, R. P., 1951. Separation of minerals by subdividing solidified bromoform after centrifugation. *Soil. Sci.*, 71 : 269-272.

McKEAGUE, J. A. and J. H. DAY, 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.*, 46 : 13-22.

McKEAGUE, J. A. and J. H. DAY, 1969. Oxalate-extractable Al as a criterion for identifying Podzol B horizons. *Can. J. Soil Sci.*, 49 : 161-163.

MEHRA, O. P. and M. L. JACKSON, 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. 7th Nat. Conf. on Clays and Clay Minerals, p. 317-327.

NATIONAL SOIL SURVEY COMMITTEE (CANADA), 1968. Rep. 7th Nat. Meet. Edmonton, Can. Dept. Agric. Ottawa, 216 p.

PAGEAU, E., 1967. Étude pédologique des comtés de Trois-Rivières et de St-Maurice. *Bull. Tech. Minist. Agric. Colonis. Québ.*, no 14, 79 p.

RAYMOND, R., G. Y. LAFLAMME et G. GODBOUT, 1972. Étude pédologique du comté de Portneuf. Minist. Agric. Colonis. Québ. En préparation.

RUSSELL, M. B., 1941. Pore-size distribution as a measure of soil structure. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 6 : 108-112.

SAWHNEY, B. L., 1960. Weathering and aluminum interlayers in a soil catena : Hollis, Charlton, Sutton, Leicester. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 24 : 221-226.

SOIL SURVEY STAFF, 1967. Supplement to soil classification : A comprehensive system. 7th Approximation. U.S.D.A., Washington, D. C. 208 p.

TAMURA, T., 1958. Identification of minerals from acid soils. *J. Soil Sci.*, 9 : 141-147.

Naturaliste can., 100 : 421-426 (1973).

NOTES SUR L'ÉCOLOGIE ET LA TAXONOMIE DE *PHORONIS MUELLERI* (PHORONIDA)

Christian C. EMIG
Station marine d'Endoume, 13007 Marseille, France

Résumé

La revue des travaux sur le benthos signalant la présence de *Phoronis muelleri* a permis de préciser la localisation écologique de cette espèce. Bien qu'étant relativement ubiquiste, *P. muelleri* marque une forte préférence pour les peuplements des fonds détritiques envasés. La comparaison des formules musculaires moyennes et générales (caractère taxonomique des phoronidiens) dans les diverses localités a montré l'existence de variations en fonction de ces localités, variations probablement liées à la température des eaux ; la formule générale de *P. muelleri* a également été complétée.

Abstract

A review of papers on marine benthos with occurrence of *Phoronis muelleri* goes further into detail of ecological requirements of this species. *P. muelleri* is an ubiquitous species, but is generally collected in *Amphiura* - communities in coastal terrigenous clays. The general and mean longitudinal muscles formulae (taxonomic character) have been compared between the different localities : these formulae vary, probably on account of the water temperature. On the basis of the various muscle formulae established in many specimens, a new general formula of *P. muelleri* is given.

Ayant pris connaissance de plusieurs travaux sur le benthos dans des localités où *Phoronis muelleri* a été découvert récemment (Pichon, 1967 ; Gamulin-Brida *et al.*, 1968 ; Stripp, 1969 ; Dörjes *et al.*, 1970 ; Emig, 1970, 1973 ; Guérin-Ancey, 1970 ; Pearson, 1970 ; Ziegelmeier, 1970 ; Brunel, 1961, 1970 ; Dörjes, 1971 ; Gage, 1972 ; Lagardère, 1972 ; Rosenberg, 1972), il m'a paru utile et intéressant de les comparer afin d'essayer de préciser la répartition et l'écologie de *P. muelleri*, d'autant que des individus de cette espèce m'ont été envoyés par la plupart de ces auteurs. J'ai ainsi pu confirmer avec certitude le nom d'espèce et comparer les muscles longitudinaux de ces exemplaires dans les différentes localités.

Écologie

GULLMAR FIORD (SUÈDE). Gustafson (1936) rapporte la présence de *Phoronis muelleri* dans la communauté à *Echinocardium-filiformis*, mais son absence dans celle à *Brissopsis-chiajei*, située plus profondément. Rosenberg (1972) a découvert *P. muelleri* dans une localité voisine (Saltkällefiord) dont la faune constitue un passage de la communauté à *Scolelepsis-fuliginosa* vers celle à *Echinocardium-filiformis*.

BAIE DE HELGOLAND (ALLEMAGNE). Dörjes *et al.* (1970) mentionnent *P. muelleri* dans la *Echiurus echiurus*-Cœnose. Ayant étudié des exemplaires de cette localité, je note qu'un individu de *Phoronis psammophila* y a également été découvert, mais non signalé par ces auteurs. La présence de *P. psammophila* dans ce biotope est probablement accidentelle, car cet exemplaire provient vraisemblablement des sables fins voisins. Ziegelmeier (1970) a récolté de très nombreuses Phoronis, que j'ai pu identifier.

mais ne mentionne pas de localisation précise ; dans la zone prospectée existent deux communautés, celle à *Macoma baltica* et celle à *Venus gallina* qui est remplacée ici par *Angulus fabula*. Stripp (1969) signale une grande abondance de *Phoronis* sp., dans la baie de Helgoland ; cette espèce, présente dans la communauté à *Echinocardium cordatum-Amphiura filiformis* et dans celle à *Abra alba*, pourrait fort bien correspondre à *Phoronis muelleri*.

ÉCOSSE. *Phoronis muelleri* a été trouvée dans plusieurs lochs. Gage (1972) [1] mentionne cette espèce dans le loch Étive, dans une communauté à *Syndosmya*, *Amphiura* et *Modiolus*, et dans le loch Creran dans une vase sableuse occupée par la communauté à *Amphiura filiformis* et *A. chiajei*. Pearson (1970) indique la présence de phoronidiens dans les lochs Eil et Linnhe, dans des sédiments vaseux et sablo-vaseux de la communauté à *Echinocardium-filiformis* ; ces phoronidiens peuvent se rapporter selon toute vraisemblance à l'espèce *Phoronis muelleri*.

ILE D'OLÉRON (FRANCE). Lagardère (1972) a découvert dans des sables « gris » infralittoraux à *Venus gallina* et surtout dans des vases correspondant à des vases terrigènes côtières, quelques exemplaires de *P. muelleri* (Emig, 1971).

AÇORES. Deux individus de *P. muelleri* sont signalés par Emig (1972) dans le port de Ponta Delgada, où ils ont été récoltés en même temps que des *Phoronis psammophila* et *Phoronopsis harmeri*.

GOLFE DE GAETA (ITALIE). *Phoronis muelleri* a été mentionné par Dörjes (1971) : deux individus seulement ont été récoltés et ils proviennent de la communauté à *Amphiura chiajei*, référable à celle à *Echinocardium-filiformis* et aussi à celle à *Brissopsis-chiajei*.

CANAL DE LEME (YOUGOSLAVIE). Vatova (1934, 1943) a décrit la présence de *Phoronis muelleri* dans un faciès local, à *Schizaster-Chiajei*, de la communauté à *Schizaster-Turritella* ; ce faciès spécial a été étudié par Gamulin-Brida *et al.* (1968) : il correspond selon ces auteurs à la biocoenose des vases terrigènes côtières, avec la présence de *Amphiura filiformis* et *A. chiajei*.

MADAGASCAR. Dans la baie d'Ambaro (Emig, 1970, 1973), la faune accompagnant *Phoronis muelleri* est référable à la biocœnose du détritique envasé et des vases terrigènes côtières. A Tuléar, cette espèce vit dans la biocœnose des sables vaseux à *Ensiculus philippianus* (Emig, 1970 ; Guérin-Ancey, 1970) et dans des sables fins vaseux à entéropneustes (Pichon, 1967) ; ce dernier biotope pourrait d'ailleurs correspondre à une variation du peuplement précédent (Emig, 1973). Emig et Thomassin (1969) ont signalé la présence accidentelle de *Phoronis muelleri* avec *Phoronopsis albomaculata* dans des sables colmatés par une fraction fine. À Madagascar, *P. muelleri* recherche des fonds sablo-vaseux de décantation de matières organiques (Emig et Thomassin, 1969 ; Emig, 1970).

BAIE DE GASPÉ (CANADA). *Phoronis muelleri* a été récolté par Brunel (1970) dans une communauté euryboréale de sables infralittoraux caractérisée par l'oursin plat *Echinarachnius parma*. La température hivernale de l'eau à cet endroit descendant en-dessous de −1°C, il semble bien que ce soit là l'habitat le plus froid qu'on connaisse pour l'embranchement des phoronidiens. [2]

Les variations de salinité et de température des localités que nous venons d'étudier, ainsi que les profondeurs de récolte de *Phoronis muelleri* sont d'après les indications des divers auteurs, les suivantes : *Gullmar fiord :* 20–30‰, 2–17°C, 8–53 m ; *baie de Helgoland* 30‰, 0–20°C, 9–20 m ; *Ecosse :* 25–33‰, 6–15°C, 11–90 m ; *île d'Oléron :* –, 14–48 m ; *golfe de Gaeta :* 38‰, 13–24°C, 7–9 m ; *canal de Leme :* 34–38‰, 9–25°C, 5,5–35 m ; *Madagascar :* 9–36‰, 20–29°C, 2–35 m ; *baie de Gaspé :* 25‰, –1 à 14°C, 9–20 m.

Les sédiments de ces localités sont en général des vases et des vases sableu-

[1] Bien que cet auteur indique dans son travail *Phoronis* sp., il s'agit bien de *Phoronis muelleri*, car j'ai pu déterminer et étudier les *exemplaires récoltés*.

[2] J'ai pu examiner 8 exemplaires récoltés par Dörjes (1972 ; *Senck. marit.* 4 : 183-216) à Sapello Island (U.S.A.) ; il s'agit en réalité de *P. muelleri* (et non de *P. architecta*), vivant dans deux communautés : l'une à *Hemipholis* (similaire à celles à *Amphiura*) et l'autre à *Moira* et *Branchiostoma* (proche de celles à *Venus*). Formules musculaires : 20-21 7-8 | 7 / 3 | 3

ses, ce qui confirme la préférence de *Phoronis muelleri* pour des fonds vaseux (Emig, 1970, 1971), mais aussi pour des fonds surmontés par des eaux chargées en matières organiques en suspension et généralement soumis à un léger courant (Emig, 1973). En revanche, cette espèce est très tolérante envers la salinité et la température des eaux, comme le montrent les données ci-dessus. La densité de cette espèce varie, en général, de 2 à 100 individus par mètre carré, elle peut atteindre 540 par mètre carré.

Taxonomie

L'étude des caractères taxonomiques des exemplaires de phoronidiens récoltés dans les diverses localités a montré que ces caractères correspondent à ceux de *Phoronis muelleri* (Emig, 1971, 1972, 1973). Cette étude nous permet néanmoins d'apporter quelques précisions, notamment sur les formules musculaires (tableau I ; figure 1).

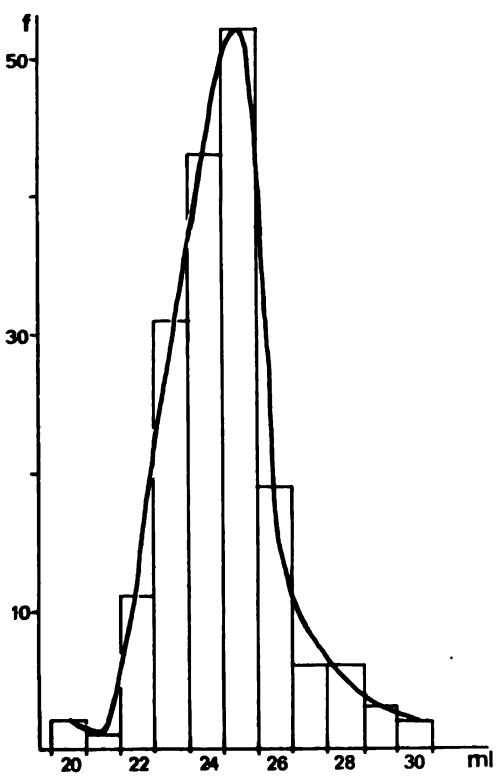


Figure 1. Distribution de fréquence du nombre de muscles longitudinaux (ml) de *Phoronis muelleri*.

La longueur des exemplaires est située dans l'intervalle des mesures mentionnées dans la diagnose (Emig, 1971). Par suite de la fixation des animaux, il nous est impossible de décrire leur coloration.

Le lophophore en forme de fer à cheval avec les pointes légèrement incurvées vers la concavité lophophorale présente la disposition caractéristique chez *P. muelleri :* les tentacules prébuccaux décroissent en longueur dans le plan médian jusqu'à devenir aussi courts que les tentacules post-buccaux. Les tentacules les plus longs sont les latéraux, environ 2 mm, tandis que les prébuccaux les plus courts mesurent environ 0.2 mm. Le nombre total de tentacules est de l'ordre de 60 à 70.

Les néphridies sont du type à un seul entonnoir ; le néphridiopore s'ouvre sur la papille anale de chaque côté de l'anus. La morphologie des néphridies correspond à la description de *P. muelleri* (Emig, 1969, 1971).

La fibre nerveuse géante est unique à gauche ; son diamètre varie de 16 à 20μ dans la région musculaire du corps, selon les exemplaires.

Aucune information ne peut être donnée sur les gonades, tous les individus étant immatures.

L'absence du mésentère latéral gauche, caractéristique de *Phoronis muelleri*, a également été constatée sur tous les animaux. Le mésentère présent au niveau de la néphridie gauche disparaît lors de la courbure de l'intestin, jusqu'à l'ampoule.

TABLEAU I

Formules musculaires de *Phoronis muelleri*

Localités	*N.i.* [1]	*Formules moyennes*	*Formules générales*
Açores (a) [2]	2	$20 = \frac{7 \mid 7}{3 \mid 3}$	
Baie de Gaspé (b)	19	$22 = \frac{8 \mid 8}{3 \mid 3}$	$21-24 \quad \frac{8-9 \quad 7-9}{3 \quad 3-4}$
Baie de Helgoland (c)	74	$24 = \frac{9 \mid 9}{3 \mid 3}$	$22-27 \quad \frac{8-11 \quad 8-10}{3-4 \quad 3-4}$
Baie de Helgoland (d)	9	$24 = \frac{9 \mid 9}{3 \mid 3}$	$24-26 \quad \frac{8-10 \quad 9-10}{3-4 \quad 3}$
Firth of Lorne (e)	6	$24 = \frac{9 \mid 9}{3 \mid 3}$	$22-25 \quad \frac{8-10 \quad 8-9}{2-3 \quad 3}$
Ile d'Oléron (f)	13	$25 = \frac{10 \mid 9}{3 \mid 3}$	$25-27 \quad \frac{10 \quad 9-11}{3 \quad 3}$
Gullmar Fiord (g)	32	$25 = \frac{10 \mid 9}{3 \mid 3}$	$23-28 \quad \frac{9-13 \quad 8-10}{3-4 \quad 3-4}$
Golfe de Gaeta (h)	1	$27 = \frac{10 \mid 10}{4 \mid 3}$	
Madagascar (i)	20	$28 = \frac{9 \mid 9}{5 \mid 5}$	$25-30 \quad \frac{8-11 \quad 8-11}{3-5 \quad 3-5}$
Total	176	$24 = \frac{9 \mid 9}{3 \mid 3}$	$20-30 \quad \frac{7-13 \quad 7-11}{2-5 \quad 3-5}$

[1] *(N. i. = nombre d'individus étudiés).*

[2] Pour la localisation précise des stations, nous renvoyons aux auteurs : a) Emig, 1972 ; b) Brunel, 1970 ; c) Ziegelmeier, 1970 ; d) Dörjes *et al.* 1970 ; e) Gage, 1972 ; f) Emig, 1971 ; Lagardère, 1972 ; g) Emig, 1970 ; h) Dörjes, 1971 ; i) Emig, 1970, 1973.

FORMULES MUSCULAIRES

Les formules musculaires ont été établies d'après Selys-Longchamps (1907). L'absence du mésentère latéral gauche est indiquée par un trait en pointillé dans les formules de *Phoronis muelleri.*

coelome oral gauche	coelome oral droit
coelome anal gauche	coelome anal droit

Dans le tableau I, nous avons fait *figurer l'ensemble des* résultats obtenus quant aux nombres de muscles longitudinaux de *P. muelleri.*

En comparant les résultats de ce tableau, nous constatons l'existence de variations du nombre de muscles longitudinaux en fonction des localités, contrairement à l'opinion émise par Emig (1971) ; ces variations sont mieux traduites par les formules moyennes que par les formules générales. Les formules générales présentent dans l'ensemble

ırande similitude. Les variations laires pourraient s'expliquer par ɔnditions écologiques différentes : la formule moyenne présente gé- ɔment un nombre plus faible de ɜs dans les biotopes en eaux froi- ɹe celle établie sur des individus ɔnes tempérés. Ceux-ci ont eux- ; des formules moyennes moins s que les exemplaires des zones ıles.

:e différence entre les formules nes correspond soit à un nombre evé de muscles dans les coelomes soit à un nombre plus grand dans ɜlomes oraux et anaux. Ce résultat ne l'explication donnée par Emig) des variations du nombre de mus- ɔngitudinaux de *Phoronis muelleri.*

résultats du tableau I, nous avons ɔe nouvelle formule moyenne et ɔuvelle formule générale pour *P. ·ri.* Celles-ci modifient les formules ɜures (Emig, 1971, 1972, 1973).

ès l'énoncé de ces résultats, la ı des variations des nombres totaux scles (figure 1) est différente de dressée par Emig (1971) et son se rapproche de celle donnée par me auteur pour *Phoronis psammo-*

communauté à *Venus gallina :* l'espèce ne peut donc jamais être caractéristique exclusive d'un peuplement. Espèce cosmopolite, très tolérante envers la salinité et la température, *P. muelleri* apparaît comme une espèce ubiquiste des fonds vaseux, et, malgré sa préférence pour certains peuplements, d'autres recherches sont encore indispensables pour mieux préciser la distribution biocœnotique et certaines équivalences écologiques des biotopes s'étendent du Canada à Madagascar. La faible densité de cette espèce de phoronidien rend ces études d'autant plus difficiles, notamment pour la récolte des animaux et la signification de leur présence dans un peuplement. Il convient aussi de dégager, grâce à ces nouveaux résultats, les relations entre *Phoronis muelleri* et *Phoronis psammophila ;* ces deux espèces semblent en effet se remplacer mutuellement selon les peuplements.

Dans certaines stations, *Phoronis muelleri* a été récolté avec d'autres espèces de phoronidiens, probablement dans des zones de transitition entre communautés ou peuplements : dans la baie de Helgoland, avec *Phoronis psammophila ;* aux Açores, avec cette dernière espèce et *Phoronopsis harmeri* (Emig, 1972) ; à Tuléar, avec *Phoronopsis albomaculata* (Emig et Thomassin, 1969 ; Emig, 1973).

Conclusions

l'étude de *Phoronis muelleri* dans ıuplements de diverses localités, ɹt conclure que cette espèce pré- une nette préférence pour les peu- ɔts des fonds détritiques envasés ɜls correspondent les communau- ɜns lesquelles *P. muelleri* a été ı, principalement les communau- *Amphiura* et les vases terrigènes ɜs (mer Méditerranée, Madagas- l'après la révision de Pérès (1967). *ɜlleri* a aussi été *récolté* dans des *ɜs voisins, comme par* exemple la

Références

BRUNEL, P., 1961. Les Phoronides, embranchement animal nouveau pour l'Atlantique canadien. *Annls ACFAS,* 27 : 64.

BRUNEL, P., 1970. Aperçu sur les peuplements d'invertébrés marins des fonds meubles de la Baie de Gaspé, 1956-60. *Naturaliste can.,* 97 : 679-710.

DÖRJES, J., 1971. Der Golf von Gaeta (Tyrrhenisches Meer). IV. Das Makrobenthos und seine küstenparallele Zonierung. *Senck. marit.,* 3 : 203-246.

DÖRJES, J., S. GADOW, H. E. REINECK und I. BIR SINGH, 1970. Sedimentologie und

Makrobenthos der Nordgründe und die Aussenjade (Nordsee). *Senck. marit.*, 2 : 31-59.

EMIG, C.Ç., 1969. Étude anatomique des néphridies chez divers phoronidiens. *Téthys*, 1 : 477-484.

EMIG, C.C., 1970. Remarks on the systematics of Phoronidea. IV. Notes on the ecology, morphology, and taxonomy of *Phoronis mülleri*. *Mar. Biol.*, 5 : 62-67.

EMIG, C.C., 1971. Taxonomie et systématique des phoronidiens. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, (Zool.)* 8 : 469-568.

EMIG, C.C., 1972. Phoronidiens récoltés lors de la campagne « Biaçores » du N/O Jean Charcot (3 octobre au 20 novembre 1971). *Téthys*, 4 : 423-428.

EMIG, C.C., 1973. Phoronidiens de Madagascar. *Téthys, suppl.*, 5 : 9-24.

EMIG, Ç.C., et B. THOMASSIN, 1969. Considérations sur la systématique des phoronidiens. VI. *Phoronopsis albomaculata* Gilchrist, 1907. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 41 : 901-908.

GAGE, J., 1972. A preliminary survey of the benthic macrofauna and sediments in lochs Etive and Creran, sea-lochs along the west coast of Scotland. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 52 : 237-276.

GAMULIN-BRIDA, H., A. POZAR et D. ZAVODNIK, 1968. Contribution aux recherches sur la bionomie benthique des fonds meubles de l'Adriatique du Nord (II). *Biol. Glasnik. Youg.* 21 : 157-201.

GUÉRIN-ANCEY, O., 1970. Étude des intrusions terrigènes fluviatiles dans les complexes récifaux ; délimitation et dynamique des peuplements de vases et des sables vaseux du chenal postrécifal de Tuléar (S. W. Madagascar). *Recl. Trav. Stn mar. Endoume*, suppl., 10 : 3-46.

GUSTAFSON, G., 1936. Distribution of *Phoronis mülleri* on the swedish west coast. *Ark. Zool.*, 28 B : 1-6.

LAGARDÈRE, F., 1972. Les fonds de pêche de la côte Ouest de l'île d'Oléron. III. Les peuplements benthiques. *Téthys*, 3 : 507-538.

PEARSON, T. H., 1970. The benthic ecology of Loch Linnhe and Loch Eil, a sea loch system on the west coast of Scotland. 1. The physical environment and distribution of the macrobenthic fauna. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 5 : 1-34.

PÉRÈS, J.-M., 1967. Les biocoenoses benthiques dans le système phytal. *Recl. Trav. Stn mar. Endoume*, 42 : 3-113.

PICHON, M., 1967. Contribution à l'étude des peuplements de la zone intertidale sur sables fins et sables vaseux non fixés dans la région de Tuléar. *Annls Fac. Sci. Univ. Madag.*, 5 : 171-214.

ROSENBERG, R., 1972. Benthic faunal recovery in a swedish fjord following the closure of a sulphite pulp mill. *Oikos*, 23 : 92-108.

SELYS-LONGCHAMPS, M. de, 1907. *Phoronis. Fauna Flora Golf Neapel*, 30 : 1-280.

STRIPP, K., 1969. Die Assoziationen des Benthos in der Helgoländer Bucht. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, 12 : 95-147.

VATOVA, A., 1934. Ricerche quantitative sul benthos del Golfe di Rovigno. *Note Ist. italo-germ. Biol. mar. Rovigno*, 12 : 1-12.

VATOVA, A., 1943. Le zoocenosi dell'Alto Adriatico presso Rovigno e loro variazioni nello spazio e nel tempo. *Thalassia*, 5 (6) : 1-61.

ZIEGELMEIER, E., 1970. Ueber Massenvorkommen verschiedener makrobenthaler Wirbelloser während der Wiederbesiedlungsphase nach Schädigungen durch « katastrophale » Umwelt einflüsse. *Helgoländer wiss. Meeresunters*, 21 : 9-20.

REVUE DES LIVRES

GREEN, J. et N.M. SHORT, (éditeurs), 1971. **Volcanic landforms and surface features.** A photographic atlas and glossary. New York, Heidelberg et Berlin, Springer-Verlag, xxiv + 519 p., 198 planches, 10 fig. 21,5 × 30 cm. Relié, $32.00.

La maison Springer-Verlag compte parmi les rares maisons d'édition d'ouvrages scientifiques qui ont fini par comprendre que l'image, à l'instar de la musique et de la sculpture, avait un langage universel qui lui conférait une toute puissance. L'atlas photographique des formes et des structures volcaniques qu'elle vient de mettre sur le marché en constitue une preuve irréfutable en plus de faire une brillante démonstration de l'absence de fossé entre la science et l'art. Ceux qui persistent à le prétendre devront désormais justifier leur position sans quoi ils risquent d'être taxés d'étroitesse d'esprit.

Volcanic landforms and surface features impressionne d'abord par sa taille géante puis par la qualité de son contenu. La beauté exceptionnelle de cet ouvrage scientifique tient bien sûr à la beauté des formes et des phénomènes représentés, mais principalement à la qualité de la reproduction. L'aspect artistique prime souvent au détriment des exigences scientifiques. D'aucuns y verront une faiblesse, mais les plus sensibles soutiendront qu'il importe de temps en temps d'échapper à la réalité ou à l'aridité du métier en voyant les choses avec d'autres yeux que ceux du spécialiste inquisiteur.

En raison de la qualité de la présentation et de la manière dont le sujet est traité, l'ouvrage s'adresse à un large public allant de l'homme cultivé au spécialiste en volcanologie en passant par l'étudiant du CEGEP, l'universitaire, l'amateur de photographie et l'assoiffé de beaux paysages. Pourtant son niveau est relativement élevé si on en juge par certaines légendes accompagnant les photographies. Un menu comme celui qui apparaît au droit des planches 21-B et 34-A, par exemple, qui comprend entre autres les termes : *urtite, ijolite, melteigite, jacupirangite, wallastonite, sovite, fenite, trachyte, leucite* et *tephrite,* risque de provoquer des indigestions graves qu'il sera difficile de soigner puisque ces termes n'apparaissent pas dans le glossaire de 57 pages placé à la fin de l'ouvrage.

Les quelque 450 photographies groupées en 23 sections représentent des formes et des phénomènes volcaniques de taille ou d'importance décroissante, allant des appareils volcaniques proprement dit aux micro-formes des laves et aux structures des dépôts et des roches volcaniques. L'atlas comprend des photographies aériennes verticales et obliques et des photographies terrestres, les unes complétant les autres. Malheureusement il n'y a pas de clichés stéréoscopiques, ce qui limite l'utilité des photographies aériennes verticales. On trouve aussi un certain nombre de photographies montrant des détails de cailloux volcaniques, des figures, des structures et des micro-formes particulières. Huit photographies de la lune prises à partir de satellites en orbite autour de l'astre sont offertes pour fins de comparaisons entre les formes volcaniques lunaires et terrestres.

Les légendes, dont plusieurs sont dues aux spécialistes qui ont fourni les photographies, sont placées sur la page de gauche, en regard des clichés, ce qui est logique et pratique. Leur longueur va d'une à 18 lignes.

Si la qualité de la reproduction se prête mal à la critique, celle des photographies elles-mêmes peut faire l'objet de certaines remarques. En effet, leur qualité est très inégale ; quelques-unes manquent de précision, de mise au point ou de champ de profondeur ; d'autres sont voilées et plusieurs sont trop contrastées pour satisfaire les exigences du scientifique. Il est bon toutefois de rappeler que les auteurs signalent cette lacune dès le début de l'ouvrage, en avouant que les photographies proviennent de sources multiples, qu'elles ont été rarement prises dans des conditions idéales et par de bons photographes, et que, de surcroît, la majorité a été convertie de diapositives couleurs en diapositifs noir et blanc, d'où une diminution appréciable de la qualité initiale. Ajoutons que les clichés pris la nuit peuvent difficilement donner de bons résultats quand on les convertit en noir et blanc. Dès lors, on peut s'interroger sur l'opportunité de publier de tels documents sachant d'avance qu'ils renseigneront peu une fois convertis en noir et blanc.

La sélection des clichés, qui est généralement bonne à excellente, permet non seulement une représentation adéquate et à peu près complète des formes, des structures et autres phénomènes liés aux volcans, mais aussi un tour du monde. En effet, on en trouve de toutes les parties de la planète : 216 des États-Unis y compris Hawaii ; 40 du Mexique et des Amériques centrales et du sud ; 74 de l'Europe ; 60 d'Asie et d'Océanie ; 16 de l'Afrique et 2 de l'Antarctique. Parmi les régions les plus représentées, on remarque Hawaii, les Galapagos, l'Islande, l'Italie, la Nouvelle-Zélande, l'Oregon, la Californie, le Nouveau-Mexique et l'Idaho qui ont tous fourni plus de 20 photographies.

En plus de l'illustration, l'ouvrage comprend un chapitre d'introduction (18 p.) intitulé : *Volcanicity and forms of extrusive bodies*, rédigé par le professeur Arie Poldervaart, et un glossaire de 57 pages.

Même si au Québec les volcans et les roches volcaniques sont rares pour ne pas dire absents dans le cas des premiers, les formes qu'ils engendrent dans d'autres régions du monde et leur incidence sur la vie de l'homme ne sauraient nous laisser indifférents. À l'abri des cendres ou des laves chaudes, de l'odeur suffocante des fumerolles ou des dangers des nuées ardentes, nous pouvons facilement obtenir une image réaliste des volcans et de leurs activités en feuilletant l'atlas de Green et Short. C'est avec joie et satisfaction que nous accueillons cet ouvrage imprimé au Japon (pays de volcans) et que nous en recommandons la lecture et l'achat à quiconque s'intéresse aux formes et aux paysages terrestres façonnés par la main de Vulcain.

Jean-Claude DIONNE

Station de recherches forestières des Laurentides
Environnement Canada, Québec

GODIN, G., 1972. **The analysis of tides.** University of Toronto Press, Toronto, 264 p. 24.5 × 15 cm. Relié, $25.00.

L'apparition d'un livre traitant de l'analyse des marées peut paraître présentement démodé, mais pas pour quelqu'un qui est familier avec les derniers développements de l'analyse spectrale. En effet on retrouve dans ce bouquin *l'application de ces méthodes récentes de l'analyse de Fourier aux phénomènes de marée et à ce point de vue le sujet* tombe à point.

Le livre est divisé, en plus de l'introduction, en quatre chapitres. Dans l'introduction on rappelle quelques notions sur l'origine physique des marées et des forces qui les engendrent. On est ainsi amené à parler de la configuration et des mouvements relatifs du système soleil-terre—lune. Il apparait alors une notion fondamentale qui est celle du temps dont on discute les principales unités de mesure. On fait aussi un rappel des principales méthodes d'analyse (Darwin, 1892 ; Doodson, 1928 ; Lecolazet, 1956 ; Horn, 1960) employées pour l'évaluation de l'amplitude et de la phase des harmoniques prédominantes. Certaines méthodes sont basées sur la théorie potentielle de la marée tandis que les autres utilisent l'analyse harmonique. On résume enfin les principales caractéristiques des marées sur notre globe.

Le premier chapitre décrit assez longuement les bases mathématiques de l'analyse spectrale utilisée par la suite pour l'analyse des marées. On commence par les séries de Fourier et les intégrales de Fourier pour en arriver, en passant par quelques notions de probabilités et statistiques aux processus stochastiques. On y discute des problèmes entraînés sur les spectres de puissance par la discrétisation des données et la considération d'une longueur finie de l'enregistrement des moyens utilisés pour combattre les effets qui en découlent. L'utilisation des filtres appropriés ou l'emploie de fenêtres spéciales sont les principaux remèdes apportés. L'intégrale de convolution est alors très pratique pour traiter de genre d'opération. Enfin, il faut mentionner le bruit qui intervient dans les observations et qui vient brouiller les résultats. Le chapitre suivant traite de l'analyse des marées à l'aide des méthodes traditionnelles. Celles-ci consistent essentiellement en les méthodes harmoniques de l'analyse des marées, basées sur les séries de Fourier. Le spectre consiste en des pics émergeant d'un bruit de fond. On suggère alors l'emploi de filtres pratiques pour obtenir un lissage du spectre. Puis on traite quelques méthodes les plus couramment utilisées à la lumière des développements mathématiques du chapitre précédent. Au troisième chapitre, on laisse de côté l'hypothèse que les composantes de marée ne se produisent qu'à des valeurs discrètes et on évalue la densité spectrale de façon continue en fonction de la fréquence. On rappelle les travaux effectués par Munk et Cartwright sur le sujet. Enfin, le premier chapitre est consacré à l'application des méthodes précédentes à l'analyse d'enregistrements de marées. On s'attarde surtout à établir les étapes à suivre pour effectuer une analyse.

l y a des exercices présentés à la fin des tions qui peuvent avoir de l'intérêt pour ceux utiliseraient le volume comme texte de ré- ınce. Toutefois le niveau du contenu est tel il s'adresse surtout à ceux qui poursuivent études avancées dans ce domaine. Le pre- r objectif étant l'étude des principes mathé- tiques qui sont à la base de l'analyse des ées, le physicien plus que l'ingénieur y trou- a la matière requise pour répondre à ses oins.

l y a un déséquilibre dans l'étendue des su- traités. En effet, les deux premiers chapitres traitent respectivement des notions de ma- matiques et de l'analyse harmonique com- nnent la majeure partie du volume tandis que deux derniers chapitres pourraient en cons- er un annexe seulement. Ce déséquilibre vient du fait que ces deux principaux sujets reçu une attention plus considérable dans la irature.

a présentation du volume est excellente. L'un principaux avantages de ce livre est d'avoir semblé en un même endroit les différentes thodes utilisées pour l'analyse des marées vue de la prédiction future et d'en avoir cuté les principes mathématiques de base dessous de chaque méthode. Si on ajoute ela la bibliographie annexée sur le sujet, ceci fait un livre de base que tous ceux qui ont attrait pour le problème de l'analyse des ma- s doivent consulter.

Yvon OUELLET

artement de génie civil
versité Laval, Québec

SIE, R.C., 1972. **Arbres indigènes du Canada.** 'raduit et adapté de l'anglais, d'après l'ou- rage de R.C. Hosie, Native Trees of Ca- ıada, 7e édition. Service canadien des forêts, Ministère de l'environnement, Ottawa, 385 ., ill. 17 × 25.5 cm. Broché, $5.00 ; relié- oile, $8.00.

.'éditeur de cette version française doit être cité pour l'excellence de la mise en page de la présentation générale du livre. Les au- 's de la traduction et de la nomenclature ıçaise des essences méritent de leur côté re appréciation pour quelques nouveaux ıs simplifiés (ex. : hêtre américain au lieu hêtre à grandes feuilles, pin ponderosa au de pin à bois lourd, pin albicaule au lieu pin à blanche écorce). Quant au reste, cette nouvelle édition représente un net retour en arrière et mérite, du même coup, les critiques les plus sévères.

L'une des contradictions les plus flagrantes existe entre le caractère pan-canadien du livre et l'énoncé de principe de la page 23 qui a présidé au choix des noms vernaculaires selon lequel « seuls les noms locaux les mieux connus sont indiqués ». Un tel principe est d'autant plus difficile à défendre que la liste des nouveaux noms proposés contient des appellations à peu près inconnues telles que : toupélo, madroño, bouleau acajou, genièvre des Rocheuses, pin lodgepole, grand tremble, aulne blanc, caryer à cochons, liard amer, pin des corbeaux, plaine bâtarde, etc.

À la même page, se trouve une autre affirmation contradictoire, pour ne pas dire fausse, selon laquelle « les noms vernaculaires qui tendent à maintenir une identification erronée ou que l'on pourrait aisément confondre avec d'autres noms bien connus ont été omis ». En fait, c'est le contraire que l'on fait en proposant les noms de merisier pour bouleau jaune, cèdre blanc pour thuya de l'est, cèdre de l'ouest pour thuya géant, cèdre rouge pour genévrier rouge, tremble pour peuplier faux-tremble, merisier rouge pour bouleau occidental, café pour hamamélis, pruche pour pruche de l'est, gros févier pour chicot du Canada, orme de Samarie pour ptéléa trifolié, etc.

D'autres incohérences concernent le *Larix laricina* pour lequel on préfère le nom de tamarack au lieu de mélèze laricin alors que l'on appelle bien *Larix occidentalis* mélèze de l'ouest et *Larix lyallii* mélèze de Lyall. Cette façon de procéder provoque des situations aussi aberrantes que celle du genre Genévrier qui comprendrait un cèdre rouge et un genièvre des Rocheuses. Quant au genre Thuya, il serait représenté au Canada par deux cèdres. Par contre, le genre Fausse pruche (p. 82) comprendrait uniquement le sapin de Douglas qui sera toutefois appelé douglas bleu (p. 17) ou douglas vert même si l'on affirme, à la page 84, que « le rang de variété n'est pas adopté ici ». Dans le même esprit, le genre Chicot contient un févier : le gros févier, le genre Gainier contient un bouton rouge, le genre Ptéléa est représenté par un orme : l'orme de Samarie, le genre Sumac par un vinaigrier et un bois-chandelle, le genre Micocoulier comprend un bois inconnu, le genre Tilleul un bois blanc, le genre Nerprun un cascara, le genre Arbousier un madroño, etc.

Mais c'est surtout lorsque les auteurs se mettent à utiliser ces nouveaux noms et leurs anciens synonymes dans le texte que la confusion devient quasi totale. À la page 12, par exemple, le genre Fausse pruche devient le genre Sapin de Douglas, tandis que madroño (p. 16) retrouve son ancien nom de l'arbousier à la page 14.

Malheureusement, la confusion et l'imprécision ne se limitent pas aux noms vernaculaires. À la page 25, on parle de « divers genres d'arbres » sans référer à une unité précise de la classification taxonomique ; à la page 24, on traduit *papyrifera* par « papyracé » alors qu'il faudrait dire « qui porte du papier » tel qu'expliqué dans le lexique (p. 339) ; à la page 109, on qualifie de cônes des fausses baies du genévrier des Rocheuses que l'on compare d'ailleurs à la page 108 avec les véritables cônes du « cèdre blanc » en affirmant que les premiers « sont légèrement plus gros », ce qui est contredit par les dimensions indiquées à la page 98. En fait, j'ai l'impression que les auteurs ont été les premiers à se perdre dans le labyrinthe de leur propre nomenclature et à confondre le « cèdre rouge », qui est en réalité un autre genévrier et dont les fruits, donc, sont comparables à ceux du genévrier des Rocheuses, avec le « cèdre blanc » qui est en réalité le thuya de l'est. Le comble de l'imprécision est toutefois atteint à la page 151, alors que l'on dit que le fruit de l'ostryer est en forme de « cône » et que l'on parle à la page 73 des aiguilles à bout « mousse » !

Lors de la recension de la version anglaise de ce même volume (Naturaliste can., 98 : 113), j'ai déjà attiré l'attention des lecteurs sur l'imprécision des cartes de distribution de plusieurs essences. À mon grand regret, je constate que les cartes n'ont pas été corrigées. Bien plus, d'après ces documents, l'orme d'Amérique (p. 210) et le frêne noir (p. 310) n'existeraient pas dans l'est de la Gaspésie alors que ces deux espèces ont été récoltées jusqu'à Cap-des-Rosiers-Est pour ne citer que deux autres cas d'imprécision.

Enfin, on se demande ce qui a amené l'auteur à éliminer la description des fleurs dans le cas de beaucoup d'essences alors qu'elles se trouvent illustrées sur les figures correspondantes. À propos de ces dernières, il me faut signaler qu'à la page 59, les légendes des deux photographies du bas sont interverties.

Bref, cette version française tant attendue *ne peut pas être recommandée* dans sa forme actuelle. Elle a déçu les espoirs des francophones du Canada qui, une fois de plus, regardent l'avenir des éditions françaises du Gouvernement fédéral avec inquiétude. Une inquiétude d'autant plus grande qu'au cours de la même année, une autre traduction, celle des *Régions forestières du Canada*, a dû être retirée du marché pour des raisons semblables.

Miroslav M. GRANDTNER

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

HERZBERG, M. et M. REVEL, 1972. **Atlas de biologie moléculaire.** Collection *Méthodes.* Hermann, Paris, 136 p., 75 ill. 15 × 22 cm. Broché sous couverture métallisée, 42FF.

La dénomination d'« atlas » traduit mal la teneur de l'ouvrage. C'est à la fois beaucoup plus et beaucoup moins qu'un véritable atlas. Beaucoup moins en ce sens que les illustrations, tant par leur qualité que par leur choix, nécessairement restreint, seraient insuffisantes pour constituer à elles seules un ouvrage publiable ; beaucoup plus, parce que le texte, d'une grande clarté, va plus loin que l'interprétation immédiate des photographies présentées. La valeur de cet ouvrage repose au moins autant sur le texte que sur les illustrations.

Les auteurs ont, me semble-t-il, bien réussi leur propos qui est de jeter un pont entre la biologie moléculaire et la microscopie électronique. Les biochimistes y découvriront une représentation valable des entités qui leur sont familières (ribosomes, acides nucléiques, ARN polymérase, etc . . .), mais qui demeurent encore bien souvent des abstractions pour nombre d'entre eux. Les microscopistes électroniciens y reconnaîtront, sans déplaisir, une démonstration convaincante de l'apport remarquable de leur technique, trop souvent qualifiée de « statique », à un domaine de recherche dynamique dans tous les sens du terme. Les biologistes, moins familiers avec cette partie de la biologie, y trouveront condensés, sous une forme hautement assimilable, les concepts fondamentaux et les principaux résultats de la biologie moléculaire.

Les lecteurs de *Scientific American* se sentiront à l'aise dans cet ouvrage. La biologie moléculaire y est en effet présentée dans la tradition de cette revue : niveau scientifique élevé, ce qui n'empêche pas les non-spécialistes d'y trouver leur compte ; personnalisation des

ıts, les contributions marquantes étant ·tées avec le nom du chercheur et le lieu découverte ; mention appropriée de la bution personnelle des auteurs ; schémas et pertinents, illustrations significatives, exception. On peut regretter l'absence de nces précises, mais on ne doit pas oublier 'aleur discutable dans un tel survol, puis-ne s'agit pas vraiment d'un travail de re-pécialisé sur la biologie moléculaire.

ıs cet ouvrage, les auteurs examinent avec documents photographiques à l'ap-es aspects majeurs de la biologie molé-ɜ, partant du matériel génétique (consti-, réplication et transcription de l'ADN), ıt par les ARN et les ribosomes pour en r à l'assemblage des polysomes et de ıes structures biologiques (coque virale, le, membranes).

ɜ inexactitudes de forme très mineures ne ent gâcher le plaisir que l'on ressent à la e de cet ouvrage. On éprouve nettement ısation de comprendre définitivement les ts importants de la biologie moléculaire. esprits systématiquement critiques feront quer qu'il s'agit là d'une dangereuse il-due au talent des auteurs. On peut rétor-que le principal mérite de ceux-ci est d'a-u présenter une image claire et cohérente branche de la biologie que l'on peut con-ır comme suffisamment assise expéri-lement pour la qualifier de classique, mais le définitive.

Joël de la NOÜE

tement de biologie
rsité Laval, Québec

EN, B.C. (éditeur), 1971. **Systems analysis l simulation in ecology**, vol. 1, Academic ss, New York, xv + 607 p., ill. 16 × 23.5 . Relié, $27.50.

: ouvrage peut intéresser un grand nom-l'écologues, car il couvre de nombreux ines.

première partie comprend une initiation à 121) rédigée par B.C. Patten, qui a le mérite de commencer par les éléments lus simples de l'analyse des systèmes. il montre en détail comment simuler la ıance d'une population, quand le taux ·oissement reste constant. Le lecteur non ımaticien peut alors voir que l'équation ɜ qui traduit la constance des taux d'ac-ement conduit à une croissance exponen-et que la croissance *logistique*, puis le modèle de Lotka-Volterra s'introduisent ensuite très facilement dans le raisonnement. Aussitôt après, l'utilisation de calculateurs analogiques et digitaux est expliquée, en suivant encore une démarche très progressive, appuyée sur de nombreux exercices très pédagogiques.

N.E. Kowal (p. 123-192) aborde des problèmes plus théoriques, quelquefois proches de l'épistémologie, par exemple quand il rappelle que toutes les « explications » sont des « descriptions ». Son article se termine par la présentation d'un modèle simulant l'évolution d'un humus de type mor, et enfin par une discussion sur les notions de stabilité, de sensibilité, etc.

La deuxième partie (p. 198 à 361) décrit trois modèles portant respectivement sur des microbes (Chlorelles et *Selenastrum)*, un Isopode (*Armadillidium*) et un poisson (*Micropterus*).

Dans la troisième partie (p. 366 à 582), sont présentés cinq modèles de simulation : (1) compétition, budget énergétique et facteurs abiotiques, simulés par des équations aux différences finies ; (2) évolution de la faune d'Arthropodes des sols forestiers ; (3) évolution de la végétation après défrichement dans le centre de l'Oklahoma ; (4) équilibre végétation-orignal-loup dans l'Isle Royale ; (5) niveaux trophiques et flux d'énergie à Cedar Bog Lake.

Au total, cet excellent ouvrage fait le point de toute une gamme de recherches que l'écologue d'aujourd'hui ne peut ignorer ; il apporte des éléments de réflexion bien choisis, et ne présente pas d'imperfection majeure. On peut cependant regretter que ces travaux soient un peu trop détachés du contexte écologique et, en conséquence, difficilement généralisables, puisqu'il s'agit de cas particuliers.

Les auteurs ne sont évidemment pas responsables de cette situation : c'est parce que l'écologie s'est développée à une allure explosive au cours des dernières années que l'on peut avoir l'impression qu'elle vole en éclats. Si nous voulons que l'écologie reste une science cohérente, nous devons en assimiler les développements les plus divers et opérer sans cesse des synthèses nouvelles. L'ouvrage de B.C. Patten apporte de beaux éléments pour ces synthèses et permet d'espérer que les « catalyseurs » nécessaires seront bientôt disponibles.

M. GODRON

Centre d'études phytosociologiques
et écologiques Louis Emberger
Montpellier, France

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Claude MÉLANÇON

1895 — 1973

Longtemps le Canada français gardera le souvenir de la personnalité attachante de Claude Mélançon dont le décès récent a creusé un vide difficile à combler. Naturaliste dans toute la force du terme, il employa son remarquable talent d'écrivain à la description de la vie sauvage et à enseigner l'amour et la protection de la faune dans son milieu naturel. Jusqu'à sa fin, survenue à Miami, en Floride, le 22 février 1973, à l'âge de 78 *ans, il poursuivit son idéal,* fixé dès sa jeunesse, de comprendre et de bien connaître nos frères inférieurs pour communiquer, par ses écrits, ses sentiments à leur égard.

Unique fils d'Edmond Mélançon et de Marie Hudon de Montréal, le jeune Claude, né le 21 février 1895, passa très peu de temps dans les maisons d'enseignement en raison de sa santé précaire dans le jeune âge ; mais, sous la direction de sa mère et de maîtres pri-

vés, il acquit une solide formation et la fréquentation des meilleurs classiques — Montaigne, La Bruyère et bien d'autres — détermina sa carrière d'écrivain. En pénétrant dans la nature québécoise. pendant de longs séjours dans les Laurentides et en Gaspésie, il a découvert sa vocation de naturaliste. On croit distinguer l'emprise de cette ambiance et de ses rencontres avec les trappeurs et les indiens dans son roman d'aventure pour adolescent, paru en 1929, et l'influence qu'elle exerça sur sa pensée et sa curiosité pendant toute sa vie. Journaliste au quotidien La Presse de Montréal, de 1918 à 1923, il s'engagea dans les sentiers des lettres dont il ne sortira plus. Au service des Chemins de fer nationaux du Canada, de 1923 jusqu'à sa retraite en 1956, aux titres de directeur de la publicité française, puis de directeur adjoint des Relations publiques, il partagea son temps entre ses tâches administratives, la littérature et les voyages dans toute l'étendue du Canada et un peu partout dans le monde. Mais son attrait pour la nature, plus spécialement pour les animaux, reste entier pendant ces années et il consacre tous ses moments libres à surprendre leurs agissements, à détailler leurs attributs ou à consulter les publications sur ces sujets favoris. Simultanément, il écrivit un grand nombre d'articles sur diverses questions, rédigea la plupart de ses livres et dut s'occuper de la censure et de l'information pendant la guerre. De 1956 jusqu'au terme de sa vie, constamment il demeura sur la brêche et, tout en poursuivant ses travaux bibliographiques et littéraires, il participa activement à diverses œuvres, notamment à la création et l'animation de l'Association de la Vallée de la Rouge, vouée à la protection de la nature et à l'aménagement du territoire, à la direction de la Société de Géographie de Montréal, à la réorganisation des services fédéraux en tant que membre de la Commission Glassco en 1961 et 1962, et à la préparation d'émissions radiophoniques et télévisuelles sur les animaux et sur les Indiens. Signalons aussi ses rapports étroits avec la Société canadienne d'Histoire naturelle, la Société Provancher, la Société Audubon, la Société des Écrivains canadiens et surtout la Société zoologique de Québec dont il fut élu membre à vie en 1934, directeur et publiciste jusqu'en 1953. Ses travaux lui valurent plusieurs distinctions dont son élection à la Société Royale, les Palmes académiques et le prix Chatrian de France, le prix David du Québec, un doctorat d'honneur de l'Université de Montréal et la décoration d'officier de l'Ordre du Canada.

Dès 1922 sa curiosité pour tout ce qui concerne notre pays se manifeste sous la forme d'une communication sur les légendes indiennes de Percé à la Société Royale du Canada. Puis, il signe une série de chroniques parlementaires, un grand nombre d'articles de revue et un roman intitulé : « Par terre et par eau » qui tous témoignent de l'étendue de ses connaissances historiques, géographiques et ethnologiques ainsi que de la finesse et l'élégance de son style surtout pour décrire les paysages canadiens. Ses « Légendes indiennes du Canada » et son opuscule sur Percé, publiées en 1967 et 1963, contribuèrent aussi à donner une place, dans la littérature canadienne, aux mythes de nos aborigènes.

À notre point de vue cependant, ses plus grands mérites résident surtout dans le domaine de l'histoire naturelle et découlent plus spécifiquement de ses recherches de la personnalité des animaux dont il a scruté les attitudes et les réactions selon les procédés de l'éthologie mais avant la lettre. Avec un rare bonheur, il a su traduire, par des expressions imagées et bien frappées, le faciès et

habitudes de vie de ces êtres dans habitats fixe ou passager et selon saisons et les ressources alimen-s, dans ses quatre livres aux titres lateurs : « Nos animaux chez eux » 4), « Les Poissons de nos eaux » 6), « Charmants voisins » (1940) et onnus et Méconnus » (1950). D'au- avant lui, notamment Puyjalon et tpetit, avaient, en français, traité des aux surtout en tant que chasseurs êcheurs. Dans ses ouvrages didac-s, Claude Mélançon a transposé en textes littéraires les notions essen-s et les axiomes sur la faune de pays sans trahir les réalités scien-ies connues à l'époque. Ainsi, il met elief le mode de vie parasitaire de mproie en ces termes : « Non con- de s'inviter à dîner partout avant ucer ses victimes, elle les oblige à ansporter d'une salle à manger à re et même à ses rendez-vous amou- ». En guise de présentation de la aniche, il écrit : « Si le royaume du enay a jamais des armes à lui, il y faire figurer cette sous-espèce aumon de l'Atlantique sur fond de les ». Que peut-on dire de mieux ujet de l'achigan : « Pêcheurs, sa- l vous chercheriez en vain, dans les douces étrangères, un poisson-gi- possédant au même degré que no- chigan, les qualités qui vous sont s. À la fougue de l'omble, il com- les méthodes défensives du sau- et, pour une bonne mesure, une égie, des ruses tout à fait particu- s. » De la grenouille-taureau, notre *uaron*, il évoque ainsi le chant : (il) gonfle ses sacs vocaux et lance l'air calme du soir son appel isolé périeux ; il ne crie pas son son en Iroquois, ni ne commande à un matelot imaginaire : *tiens bien ta rame, tiens bien ta rame*. N'en déplaise aux amateurs d'harmonie imitative, il avertit l'intéressé qu'il est prêt à la pariade annuelle ». Ne connaît-on pas mieux la gélinotte huppée, notre perdrix, lorsqu'on lit : « Robustes, débrouillardes, chaussées de poils rudes, faisant fonction de raquettes, les jambes au chaud dans ces belles culottes qui les distinguent justement des vraies perdrix au tarse nu, satisfaites de manger des bourgeons après le menu varié de l'été, elles affrontent nos hivers rigoureux ». Poète, il interprète le passage automnal du bruant des neiges dans l'écoumène québécois de la manière suivante : « Pour que ce visiteur arctique, vêtu d'hiver, vienne jusqu'à nous il faut que la toundra s'endorme sous sa couverture de glace et que la tempête commence sa ronde meurtrière dans la plaine infinie ».

Ce naturaliste sincère et dévoué, écrivain de surcroît, trop tôt disparu, laisse une œuvre écrite, originale et étendue, qui a inspiré des générations de jeunes, déterminé des carrières de biologistes et révélé à beaucoup d'entre nous la beauté et l'intérêt de la vie sauvage, trop longtemps ignorés. Souvent, il a préféré la paix de son royaume pour nouer des colloques avec ses sujets et le silence de sa bibliothèque pour transmettre les impressions ainsi reçues en une langue simple, limpide et noble dont l'écho se répétera encore longtemps. Tout le long d'une vie heureuse et studieuse, comme le goéland Jonathan Levingston, il a voulu s'envoler toujours plus haut.

René POMERLEAU

DIRECTIVES AUX AUTEURS

ORIENTATION DE LA REVUE

On peut soumettre au Naturaliste canadien des *articles inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche dans le domaine de l'écologie fondamentale et appliquée, de la taxonomie, de la morphologie ou des sciences de la terre. Tout manuscrit sera jugé en fonction de l'originalité des résultats et de l'interprétation. Les revues thématiques ne seront acceptées que si elles donnent lieu à d'importantes généralisations scientifiques. Des *articles courts* (maximum de quatre pages dans la revue) peuvent être acceptés comme "Communications brèves" s'ils découlent d'une recherche de qualité.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les manuscrits, dactylographiés à double interligne sur le recto de feuilles de 21.5 X 28 cm, seront expédiés en trois exemplaires au Secrétaire de la rédaction.

Les éléments du manuscrit sont les suivants : (1) le titre ; (2) le nom de l'auteur ; (3) le nom et l'adresse de l'institution à laquelle appartient l'auteur ; (4) un titre courant d'un maximum de 60 lettres et espaces (sur une page séparée) ; (5) les résumés français et anglais (maximum de 300 mots) ; (6) le texte ; (7) sur des feuilles séparées, les tableaux (numérotés en chiffres romains), les légendes des figures (numérotées en chiffres arabes) et les références bibliographiques.

TEXTE

La Direction de la revue recommande le plan suivant : introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusion, remerciements et références bibliographiques.

On tiendra compte des remarques suivantes : (1) les caractères soulignés d'un trait simple sont composés en italiques ; (2) les notes inframarginales devront être réduites à un strict minimum et numérotées consécutivement ; (3) pour les unités de mesure, on utilisera de préférence le système métrique, (4) on évitera les appendices, et d'ailleurs la Direction de la revue ne s'engage pas à en publier plus d'une page.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elles seront indiquées dans le texte par le nom de l'auteur et l'année de publication. Dans la liste, à la fin du manuscrit, elles seront citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, en s'inspirant des exemples suivants :

LEGENDRE, L., 1971. Production primaire dans la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). *Naturaliste can.*, 98 (5) : 743-773.

MACARTHUR, R. H. and J. H. CONNELL, 1966. The biology of populations. John Wiley & Sons, New York, 200 p.

PARKER, P. L. and J. A. CALDER, 1970. Stable carbon isotope ratio variations in biological systems, p. 107-127. *In :* D. H. Hood (ed.). Symposium on organic matter in natural waters. University of Alaska, 625 p.

Les titres des périodiques devront être abrégés suivant la "World List of Scientific Periodicals" (édition de 1963).

ILLUSTRATIONS

La Direction de la revue limite ses frais de clichage à deux clichés par manuscrit ; tous les clichés additionnels seront à la charge de l'auteur.

Les photographies devront être tirées sur papier glacé et fortement contrastées. On regroupera, autant que possible, les photographies sur une même planche, en les collant sur un carton rigide, sans oublier de les numéroter proprement et lisiblement au coin droit. Trois séries de photographies sont requises.

Les dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc. Le lettrage devra être fait à l'aide d'un appareil à dessin. Il doit être suffisamment grand pour avoir, après la réduction finale, au moins 1.5 mm de hauteur. En plus de l'original, on est prié de fournir deux copies de chacun des graphiques.

Dans le cas des dessins et des photographies, bien tenir compte de leur réduction à un format ne dépassant pas 12.5 x 20 cm, légende comprise.

On présentera la liste des légendes sur une page séparée. On indiquera cependant à l'endos des photographies et des dessins le nom de l'auteur et le numéro de figure.

ÉPREUVES ET TIRAGES-À-PART

Les auteurs recevront une série d'épreuves, en même temps qu'un bon de commande pour les tirages-à-part. L'un et l'autre devront être retournés dans les plus brefs délais.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

EDITORIAL POLICY

Original papers in French or in English based on research in basic and applied ecology, taxonomy, morphology and earth sciences will be considered for publication in this journal. The papers will be judged on the basis of their contribution of original data and ideas or interpretation. *Review articles* will not be accepted unless they lead to new and important generalizations. *Short articles* (no more than four pages in the journal) may be accepted as "Communications brèves". They should be distinguished from papers on the basis of scope rather than quality of the research.

GENERAL PRACTICES

Manuscripts should be typewritten in double spacing throughout on one side of bond paper 21.5 x 28 cm, and submitted in triplicate to the Secretary of the Editorial Board.

The sequence of material in the manuscript as submitted should be : (1) title ; (2) author's name ; (3) author's affiliation and address ; (4) a condensed running head of no more than 60 letters and spaces (on a separate page) ; (5) French and English abstracts limited to 300 words ; (6) the manuscript proper ; (7) on separate pages references, tables (numbered consecutively in Roman numerals) and figure legends (numbered consecutively in Arabic numerals).

MANUSCRIPT DETAILS

The arrangement of the contents should generally be as follows : Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, and References.

In preparing copy please take account of the following remarks : (1) underscore only where italics are intended ; (2) footnotes are to be avoided and wherever impossible they should be consecutively numbered ; (3) either metric or English units may be used ; however use of the former is recommended ; (4) appendixes should be avoided and will not be usually accepted if exceeding one page.

REFERENCES

Literature references in the text should be by author, followed by year of publication. All papers referred to in the manuscript should be listed alphabetically by first author, according to the following examples :

LEGENDRE, L., 1971. Production primaire dans la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). *Naturaliste can.*, 98 (5) : 743-773.

MACARTHUR, R. H. and J. H. CONNELL, 1966. The biology of populations. John Wiley & Sons, New York, 200 p.

PARKER, P. L. and J. A. CALDER, 1970. Stable carbon isotope ratio variations in biological systems, p. 107-127. *In :* D. H. Hood (ed.), Symposium or organic matter in natural waters. University of Alaska, 625 p.

Abbreviations for periodicals should follow the "World List of Scientific Periodicals" (1963 edition).

ILLUSTRATIONS

The first two figures of a manuscript will be free of charge. Additional figures will be charged to the author.

Prints of photographs should be made on glossy paper with a wide range in tone. They should be cropped, mounted with rubber cement on white card-board, and clearly numbered at the right corner of each photograph. Three complete sets of photographs must be included.

Drawings are made with black india ink on white drawing paper and all lettering should be made with a lettering system. All lettering must be sufficiently large to be at least 1.5 mm on final reproduction. One original and two clean copies of each drawing should be submitted.

Drawings and photographs must be made to a scale allowing reduction to an area not exceeding 12.5 x 20 cm, inclusive of captions.

Captions for illustrations should be typed in paragraph form on a separate page. Moreover each illustration should be clearly labelled on back, giving the name of the author and the figure number.

PROOFS AND REPRINTS

Galley proofs will be sent to the author together with an order blank for reprints. The corrected proof with the order for reprints should be returned immediately.

ÉNUMÉRATION DES PLANTES DU CANADA

par Bernard BOIVIN

Herbier Louis-Marie, Université Laval

et

Ministère de l'Agriculture, Ottawa

« Provancheria », N° 6

Extrait de la revue *Le naturaliste canadien*, Volumes 93 et 94.

Liste des espèces, variétés, formes et hybrides de plantes vasculaires reconnues comme spontanées au Canada. Une bibliographie pertinente précède chaque genre. L'auteur présente la distribution géographique de chacun des taxons au nord des États-Unis, dans une perspective critique. Les botanistes y trouveront une mine de renseignements de première valeur.

An enumeration of the species, varieties, forms and hybrids known as spontaneous in Canada. Nearly all genera are preceded by an essential bibliography of recent monographs and other main papers relevant to each genus in Canada. Each taxon is followed by an abbreviated summary of its distribution north of the U.S.A. A distinction has been made between verified and unverified distributions and, in the latter case, whether or not justifying collections have been located yet.

7 x 10, 460 p., broché, $ 9.00.

En vente

aux

PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL
C. P. 2447, Québec 2, Canada

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 100 | Juillet-Août 1973 | numéro 4

SOMMAIRE

MAGNIN, Étienne, Eugenia MURAWSKA et Gérard BEAULIEU. Croissance du bar blanc, *Morone chrysops* (Rafinesque), dans le fleuve Saint-Laurent près de Québec 331-336

LEVINGS, C. D. Dominance and movements of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) at St. Margaret's Bay 337-345

DE REGGI, Lucien Max. Effets d'un choc thermique sur l'insecte *Myzus persicae* I. Influence d'un traitement thermique préalable 347-354

DE REGGI, Lucien Max. Effets d'un choc thermique sur l'insecte *Myzus persicae* II. Interactions d'un traitement thermique et de l'âge 355-360

BARLOW, C. A. Phenology and distribution of *Carabus nemoralis* (Müller) (Coleoptera : Carabidae) in Eastern Canada 361-369

GAUTHIER, Benoît et Camille ROUSSEAU. L'écologie du *Floerkea proserpinacoides* Willd. à l'île aux Grues, Montmagny (Québec) 371-383

PELLETIER, Ghislain. Influence de certaines méthodes de fenaison et de conservation sur la qualité d'un mélange fourrager 383-393

HAYHOE, H. N. Weather effects on field drying of forages. A review 393-405

LAVERDIÈRE, M. R. et G. Y. LAFLAMME. Quelques propriétés physiques, chimiques et minéralogiques des séries de sol Chaloupe et Batiscan reliées à leur évolution pédogénétique 407-420

EMIG, Christian C. Notes sur l'écologie et la taxonomie de *Phoronis muelleri* (Phoronida) 421-426

REVUE DES LIVRES 427-431

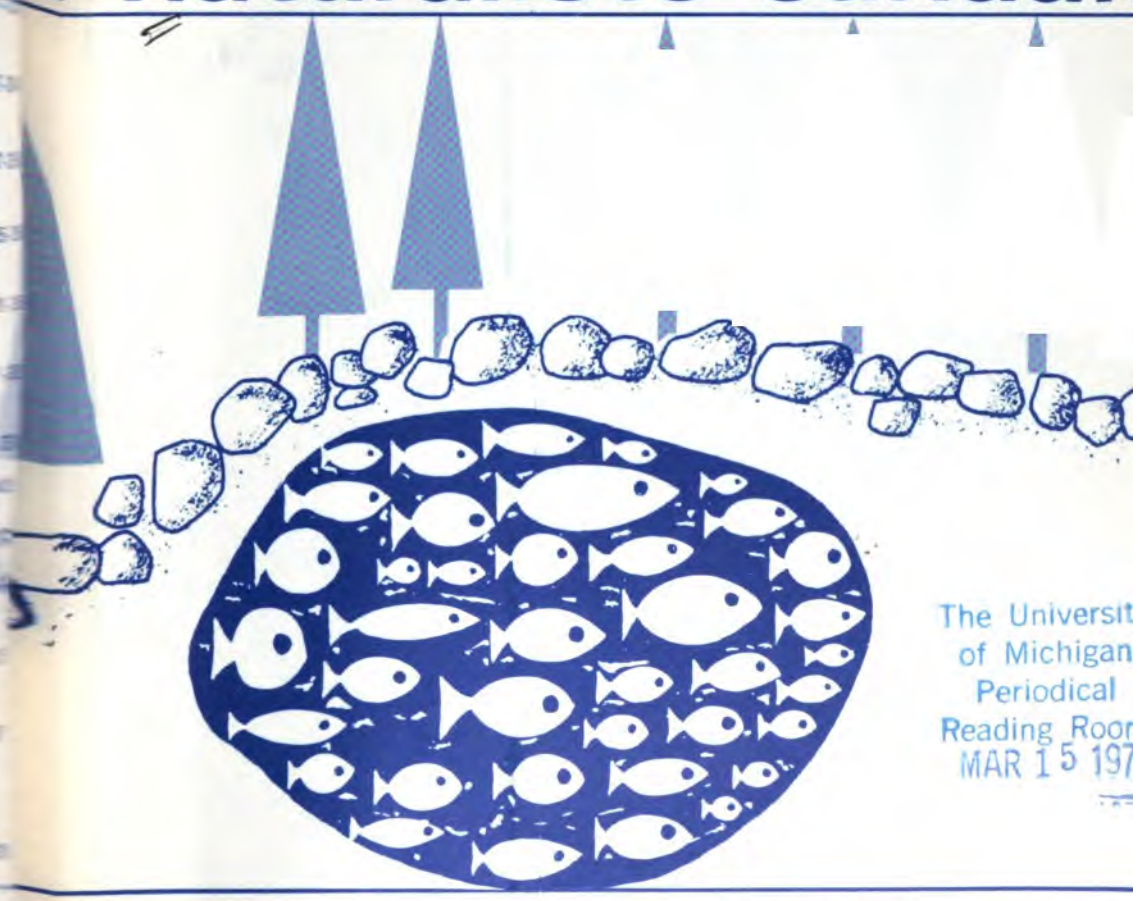
NOTICE NÉCROLOGIQUE

POMERLEAU, René. Claude Mélançon (1895-1973) 433-435

Volume 100,
numéro 5,
septembre-octobre 1973

PRR

e naturaliste canadi



The Universit
of Michigan
Periodical
Reading Roor
MAR 15 197

Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université L

LE NATURALISTE CANADIEN

DIRECTEUR
G.-WILFRID CORRIVAULT

DIRECTEUR-ADJOINT
MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE
GUY LACROIX

SECRÉTAIRE-ADJOINT
PIERRE MORISSET

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*
RENÉ BÉIQUE, *Direction générale de la conservation, Ministère des terres et forêts, Québec*
JULIEN BERGERON, *Ministère de l'industrie et du commerce, Québec*
BERNARD BERNIER, *Université Laval*
PAUL BERTHET, *Faculté des sciences de Lyon*
LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*
PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*
MICHEL DELSOL, *Faculté catholique de Lyon*
LLOYD M. DICKIE, *Institut océanographique de Bedford*
ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*
PAUL GERVAIS, *Université Laval*
ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire naturelle de Paris*
WILLIAM S. HOAR, *Université de la Colombie-Britannique*
ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*
VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*
GASTON MOISAN, *Service de la faune du Québec*
A.C. NEISH, *Conseil national des recherches du Canada, Halifax*
W.E. RICKER, *Office des recherches sur les pétroles du Canada*
D. M. ROSS, *Université d'Alberta*
HENRI TINTANT, *Faculté des sciences de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction):

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4

Abonnement annuel

au Canada: $ 10.00 — à l'étranger: $ 11.00 — le numéro: $ 2.00

Publication bimestrielle de l'Université Laval, LE NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigées en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1,500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétariat de la rédaction,** LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Laval, Québec G1K 7P4, Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Conseil national de recherches du Canada.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec — Troisième trimestre 1973.

LE NATURALISTE CANADIEN

ne 100 Septembre-Octobre 1973 Numéro 5

OBSERVATIONS ON THE ECOLOGY OF LACUSTRINE POPULATIONS = THE THREESPINE STICKLEBACK (*GASTEROSTEUS ACULEATUS* L., 1758) IN THE MATAMEK RIVER SYSTEM, QUÉBEC.[1]

Brian W. COAD[2] and G. POWER

Department of Biology,
University of Waterloo,
Waterloo, Ontario

Résumé

Des populations lacustres d'épinoches à trois épines du bassin de la rivière Matamek, Québec, furent étudiées durant 1970-1971. L'examen d'otolithes et des histogrammes de fréquence de longueur a démontré l'existence de trois groupes d'âge. Par comparaison avec une population marine, on note que la croissance est plus lente chez la population lacustre. La fraye a lieu en juillet dans leur troisième année de vie, mais les femelles parasitées de plérocercoïdes de *Schistocephalus solidus* n'y participent pas. Le nombre moyen de parasites par poisson est de 1.93 chez le groupe d'âge de 1+, et de 2.97 chez celui de 2+; les niveaux d'infestation sont très près de 100%. Il y avait en moyenne 88 oeufs dont le diamètre moyen était de 1.56 mm. Les jeunes épinoches se nourrissent surtout de zooplancton tandis que les plus gros se nourrissent aussi d'insectes dérivants, entrant ainsi en compétition avec la truite de ruisseau.

Abstract

Lacustrine populations of the threespine stickleback in the Matamek River System, Québec were studied during 1970-1971. Examination of otoliths and length-frequency histograms showed three age groups to be present. Growth was slower in the lake populations compared to a marine population. Spawning occurred in July of the third year of life but females parasitised with plerocercoids of *Schistocephalus solidus* did not breed. The mean number of parasites per fish was 1.93 for the 1 + age group and 2.97 for the 2 + age group and infestation levels often approached 100%. Mean number of eggs was 88 and mean diameter was 1.56 mm. The diet of young sticklebacks was chiefly zooplankton while larger sticklebacks also fed on drift insects in competition with brook trout.

tribution No. 3150 from the Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachussetts , U. S. A.

ent address: Department of Biology, University of Ottawa, Ottawa K1N 6N5, Ontario.

Introduction

The threespine stickleback is commonly found in fresh waters of the northern cold-temperate zone. Ecological studies on this species in North America appear to have been limited to Pacific populations (Greenbank and Nelson, 1959; Rogers, 1968), and general works on Atlantic populations derive their ecological information from studies on European populations (Leim and Scott, 1966).

Samples of threespine sticklebacks were taken from the Matamek River System in Québec (described in Power, Pope and Coad, 1973) and it is hoped that the data obtained on them will complement that acquired on other holarctic populations.

Materials and methods

Samples of the threespine stickleback were obtained from Bill and Matamek Lakes in August and September 1970. Further collections were made from Matamek Lake in June and July 1971. J. F. O'Connor kindly provided breeding specimens from Bill Lake taken in June and July 1970. Specimens were preserved in 70% ethanol since formalin damages the otoliths.

The length, from snout to hypural fold, was recorded to the nearest millimetre for each fish. The conversion factor for total length was 1.15 (based on 100 specimens ranging from 20 mm to 72 mm).

The sex and maturity stage (after Nikolsky, 1963) were determined by examination of reproductive organs under a dissecting microscope. Direct egg counts were made on females judged to be at maturity stage IV or V and the average diameter of twenty eggs chosen at random was determined using a calibrated micrometer eyepiece.

A detailed parasite survey was not carried out but the number of plerocercoids of the cestode *Schistocephalus solidus* (Müller) 1776 in the body cavity was noted.

Otoliths were used for age determination after the method of Jones and Hynes (1950), coupled with length-frequency distributions. Wherever possible both sagittae from each fish were read and no disagreement was found between any otolith pairs.

Results

AGE AND GROWTH

Collections made by seining were often supplemented by dip-netting individual specimens. Adults were easier to catch than juveniles because their parasite burden reduced swimming speed and rendered them more visible from above by lateral displacement of the white ventral surface. Therefore the age content of samples was often biased toward adults.

Age-length distributions were drawn up for the populations in Bill and Matamek Lakes (Tables I and II). All the popula-

TABLE I

Age-length distribution for *G. aculeatus*, Bill Lake, August-September, 1970

Length (mm)	*Age*		
	0+	1+	2+
10-14	2		
15-19	5		
20-24	38		
25-29	91		
30-34	64	2	
35-39	1	32	
40-44		45	
45-49		35	3
50-54		6	60
55-59			48
60-64			8
Total	201	120	119
Mean	27.3	42.5	54.6
Standard Deviation	4.2321	4.5372	3.3106
Standard Error	0.2985	0.4142	0.3035

TABLE II

Age-length distribution for *G. aculeatus*, Matamek Lake, August-September, 1970

Length (mm)	*Age*		
	0+	1+	2+
10-14	2	2	
15-19	21		
20-24	64		
25-29	17		
30-34	1	4	
35-39		37	
40-44		62	
45-49	2	24	
50-54			29
55-59			39
60-64			10
65-69			1
Total	105	127	79
Mean	21.7	41.2	55.9
Standard Deviation	3.4550	3.8195	3.5510
Standard Error	0.3372	0.3389	0.3995

tions examined , including a marine one (Coad and Power, 1973) and populations in smaller lakes to the north-east of Matamek Lake, had three age groups indicating a life span of two years and some months. Length-frequency histograms were drawn up for the samples taken from Bill and Matamek Lakes (Fig. 1). The mean lengths of each sex were calculated for these samples with respect to age

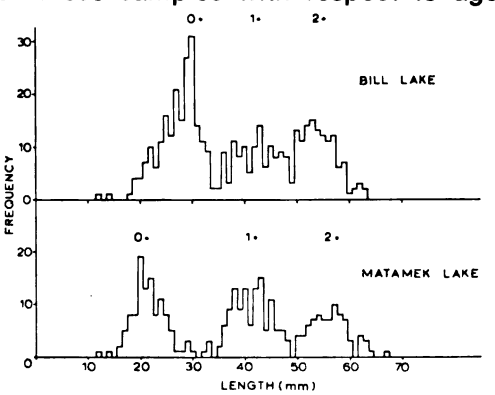


Figure 1. Length-frequency histograms for *G. aculeatus* from Bill Lake and Matamek Lake, August-September, 1970.

TABLE III

Mean length of male and female *G. aculeatus*, Bill Lake, August-September, 1970

Age	*Number*	*Mean Length (mm)*	*Range (mm)*	*Standard Deviation*	*Standard Error*
Males					
0+	7	29.4	28-31	0.9759	0.3689
1+	19	44.0	30-49	6.7082	1.5390
2+	43	52.1	50-58	1.8621	0.2840
Females					
0+	54	27.6	21-35	2.9246	0.4360
1+	77	43.8	30-50	6.3264	0.7210
2+	155	54.2	50-62	2.9751	0.2390

TABLE IV

Mean length of male and female *G. aculeatus*, Matamek Lake, August-September, 1970

Age	*Number*	*Mean Length (mm)*	*Range (mm)*	*Standard Deviation*	*Standard Error*
Males					
0+	2	22.0	21-23	—	—
1+	14	40.9	33-48	4.5550	1.2174
2+	30	54.6	50-59	2.6455	0.4830
Females					
0+	1	29.0	29	—	—
1+	97	41.2	33-48	3.2766	0.3327
2+	51	56.9	50-67	3.9111	0.5477

(Tables III and IV). Females of the 2+ age group were significantly larger than males ($P<0.05$) but this dimorphism was not apparent in the younger age groups. Age-length relationships for Matamek Lake, Bill Lake and the marine population (Amory Cove) are given in Figure 2. Ninety-five percent confidence limits were placed on each mean, represented by vertical lines. Similar growth rates can be seen for lacustrine populations while that of the marine population was faster. Differences in mean length were due to differences in sampling time, the marine population having been caught in late May while the freshwater populations from Matamek and Bill Lakes were taken in mid-August and early September respectively. Bearing this time factor in mind the marine population would probably attain a larger size than either of the lake populations, which were similar.

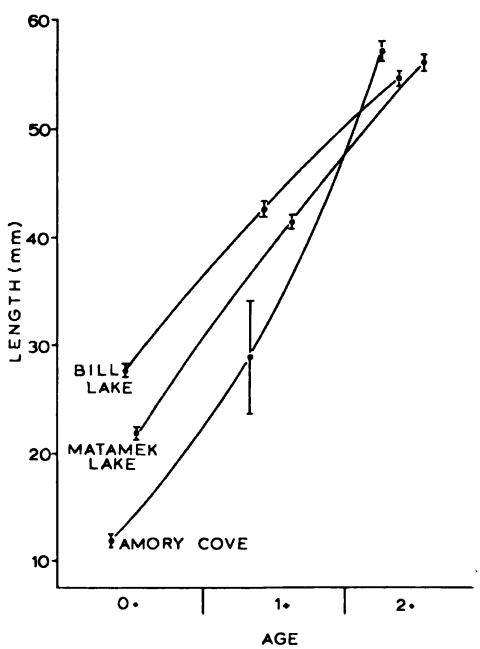


Figure 2. Age-length relationship for *G. aculeatus* populations, Matamek River System, 1970-1971 (95% confidence limits about each mean *are represented by vertical* bars).

FOOD

Detailed food analyses were not carried out but Pope (1972, pers. comm.) has examined the stomach contents of 45 fish taken from Matamek Lake in August 1970 (Table V). Zooplankton were more important in the diet of young fish than older fish which tended to rely more on drift insects thus bringing them into competition with brook trout (*Salvelinus fontinalis*). The food of sympatric ninespine sticklebacks was predominately littoral cladocerans and Tendipedidae larvae.

ɔDUCTION

ɜre were no significant differences ɜen egg numbers and egg diameters mples taken in July from Matamek 3ill Lakes (P>0.05). The data were ›ined and are compared in Table VI the marine population from Amory near the mouth of the Matamek .

g diameters were not correlated sig- ıntly with length but egg numbers (y = 15.00 + 0.16x with confidence ; for x of 0.27 and 0.04; r=0.6220).

veral hundred fish were examined reeding females but only 40 were ɪ to be carrying developed eggs. ɜ were all fish in their third year of Infestation with plerocercoids of :tocephalus solidus was low (30% of ›le infested, 0.45 parasite per fish; › VII) and heavily parasitised fish did evelop mature eggs.

o females taken from Bill Lake on September 1970 were at maturity › IV. It is considered that these were all spawners but individuals which ailed to spawn. Certainly at this time ales in breeding colour were caught.

ɪ ratios in the 1+ and 2+ age groups variable. For Bill Lake the 1+ age ɔ ratio was 0.25♂ : 1♀ , the 2+ ratio was 0.28♂ : 1♀ while for Matamek Lake they were 0.14♂ : 1♀ and 0.59♂ : 1♀ respectively.

Breeding males had a red ventral surface and blue sides. The eye was tinged iridescent blue-green. The females did not show any obvious colour changes such as the dull pink throat and belly noted by McPhail and Lindsey (1970) for

TABLE V

% composition of diet of *G. aculeatus*, Matamek Lake, August, 1970

Food Items	*Age*		
	0+	1+	2+
Bosmina	32	44	19
Littoral Cladocera	26	14	5
Ostracoda		3	
Copepoda	3		14
Rotifera (*Keratella*)	15		
Acari		3	5
Pisidium			5
Tendipedidae larvae	15	3	14
Other Diptera (adults)		7	10
(pupae)	3	3	5
Terrestrial Insecta	6	20	24
Aquatic Hemiptera		3	
Total Stomachs	15	15	15
Empty	1	—	3

TABLE VI

Egg numbers and diameters for *G. aculeatus*, Matamek River System, 1970-1971

	Number of Fish	*Mean Length (mm.)*	*Mean Range*	*Standard Deviation*	*Standard Error*
er of eggs					
.e Population	40	56	88 45-100	27.06	4.2789
ı Population	71	61	265 120-515	72.79	8.6385
ter of eggs					
.e Population	40	56	1.56 1.26-1.86	0.1842	0.0219
ı Population	29	60	1.25 1.01-1.60	0.1855	0.0344

TABLE VII

Infection levels of *G. aculeatus* populations with plerocercoids of *Schistocephalus solidus*, Matamek River System

Sample station	*Age*	*Sample Size*	*Mean No. of Parasites/Fish*	*Range*	*% Infection*
Bill Lake					
a) At research camp	1+	100	1.66	0-7	97.00
	2+	265	1.95	0-8	89.43
b) Below outlet	1+	6	1.67	1-4	100.00
	2+	41	2.66	0-6	99.08
Matamek Lake					
a) North Basin	1+	117	1.71	0-7	90.60
	2+	81	1.88	0-9	67.90
b) Gallienne outlet	1+	98	1.92	1-7	100.00
	2+	67	2.75	1-7	100.00
c) Baie Chisholm	1+	50	1.78	1-9	100.00
	2+	5	4.40	1-8	100.00
d) Baie Philippe	1+	5	2.66	1-14	100.00
	2+	8	3.50	1-7	100.00
e) Below outlet	1+	31	2.10	1-15	100.00
	2+	33	3.64	0-19	98.33
Total	1+	452	1.93	0-15	98.23
	2+	500	2.97	0-19	93.53

Pacific fish or the brassy sides observed by Leim and Scott (1966) in Atlantic fish.

PARASITES

The incidence of infestation by plerocercoids of *Schistocephalus solidus* varied with the age group and the population. Only large plerocercoids readily visible to the naked eye were counted, so no estimation of the level of infestation of the 0+ age group could be made. Infestation levels for the various populations are given in Table VII.

In the summer and fall of any year it was possible to distinguish between fishes of the 0+ and older age groups on the basis of presence or absence of plerocercoids if the infestation level of the population was high. Fishes in the 0+ age group can only recently have been infected and the plerocercoid has not had sufficient time to grow to an obvious size. These observations were confirmed by otolith studies. The work of Clarke (1954), however, indicates that growth of plerocercoids may be more rapid in other populations.

Discussion

The age structure of various stickleback populations has been investigated by otolith and length-frequency studies. The latter method was regarded by Jones and Hynes (1950) as being inapplicable to amphiboreal sticklebacks. However the Matamek populations could be aged quite readily by this method and overlap of age groups was minimal (Fig. 1). Power (1965) has observed that under the severe conditions encountered in this area of Québec overlap of age groups may not occur.

No consensus of opinion has been reached on the age structure of *G.*

is populations and maximum age
es range from just over one year
e years of age (reviewed in Jones
ies, 1950; Greenbank and Nelson,
'an Mullem and Van der Vlugt,
seems probable that the life his-
nis species is governed by its envi-
t although there may be genetic
ces between isolated populations
ank and Nelson, 1959). Van Mul-
l Van der Vlugt (1964) maintain
composition of each population
pect to plate types such as leiurus
churus affects the life span. They
hat fish from mixed populations
pe have a shorter life span than
n unmixed populations. This con-
was not encountered in the
ik River System. The age structure
ir to that of an Alaskan population
ed by Greenbank and Nelson

Matamek populations showed fas-
wth rates than the populations of
nd Hynes (1950) since larger sizes
tained in a shorter life span. Alas-
pulations with a similar life span to
tamek populations varied in their
rate, one being faster and the
being slower (Greenbank and
1959).

al dimorphism for size was
ed in adult fish at Matamek and
been noted elsewhere (Van Mul-
l Van der Vlugt, 1964).

spawning season in sticklebacks
en related to temperature regime
length (Baggerman, 1957) and the
ek populations were found to
ater than more southerly popula-
and populations from milder
s. Variations in spawning age
n populations seem to be common
ay be a reflection of local condi-
Bertin, 1925; Craig-Bennett, 1931;
and Hynes, 1950). The Matamek
ions spawned at two years of age
as did lacustrine populations in Alaska (Narver, 1969).

The figures obtained for sex ratios showed wide variations between the major populations and between each age group. For the youngest age group this variation may be attributed to the large proportion of immature fish which could not be assigned to either sex with facility. In older age groups the observed variation followed no consistent pattern and sample bias was probably the most important factor. A greater number of females in the Matamek populations is consistent with the observations of Bertin (1925) and Vik (1954) on European *G. aculeatus* and may be correlated with the polygamous nature of male fish.

Egg numbers and diameters are comparable with those reported for European populations (Craig-Bennett, 1931; Van den Assem, 1967; Varley, 1967). Greater numbers of eggs were found in marine fish possibly owing to a more favourable feeding environment (Wootton, 1973). Egg diameters were, however, less in the marine population although the fish were fully mature when caught, shedding eggs at a light pressure on the flanks.

The general increase in parasite numbers with age is to be expected on the basis of increase in numbers of contacts with infested copepods. A marked drop in the percentage infestation was noted between the 1+ and the 2+ age groups in the Matamek Lake North Basin sample. Either the 2+ age group as a whole was particularly fortunate and escaped infestation or there was selective migration and/or mortality of the infected 1+ age group before it reached its third summer of life. The levels of infestation observed at Matamek agree with the observations of other authors some of which are summarised in Clarke (1954).

High infestation rates may be accounted for by heavily parasitised fish

concentrating in shallow water. Lester (1971) has shown that a combination of factors related to the greater oxygen requirement of parasitised fish would cause them to congregate in shallow waters where they would be susceptible to capture and to predation by water birds, the definitive hosts of *Schistocephalus solidus*. Pennycuick (1971) has shown that *S. solidus* may prevent sticklebacks from breeding and it is suggested, therefore, that many lightly-infested sticklebacks in any population are sub-littoral or pelagic and that most breeding fish occur in deeper water than that sampled in this study. This would account for the difficulty of obtaining breeding specimens from Matamek and Bill Lakes.

Acknowledgements

The authors would like to thank Mr. J. F. O'Connor for providing samples of sticklebacks from Bill Lake. Financial support for this research was provided by the Woods Hole Oceanographic Institution and the Atlantic Foundation.

References

BAGGERMAN, B., 1957. An experimental study on the timing of breeding and migration in the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) *Archs néerl. Zool.*, 12: 105-318.

BERTIN, L., 1925. Recherches bionomiques, biométriques et systématiques sur les épinoches (Gastérostéidés). *Annls Inst. océanogr., Monaco*, 2: 1-204.

CLARKE, A. S., 1954. Studies on the life cycle of the pseudophyllidean cestode *Schistocephalus solidus*. *Proc. zool. Soc. Lond.*, 124: 257-302.

COAD, B. W. and G. POWER, 1973. Observations on the ecology and phenotypic variation of the threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L., 1758, and the blackspotted stickleback, *G. wheatlandi* Putnam, 1867, (Osteichthyes: Gasterosteidae) in Amory Cove, Québec. *Can. Fld Nat.*, 87: 113-122.

CRAIG-BENNETT, M. A., 1931. The reproductive cycle of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* Linn. *Phil. Trans. R. Soc.*, Ser. B, 219: 197-279.

GREENBANK, J. and P. R. NELSON, 1959. Life history of the threespine stickleback *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus in Karluk Lake and Bare Lake, Kodiak Island, Alaska. *Fish. Bull. Fish. Wildl. Serv. U.S.*, 59: 537-559.

JONES, J. W. and H. B. N. HYNES, 1950. The age and growth of *Gasterosteus aculeatus*, *Pygosteus pungitius* and *Spinachia vulgaris*, as shown by their otoliths. *J. Anim. Ecol.*, 19: 59-73.

LEIM, A. H. and W. B. SCOTT, 1966. Fishes of the Atlantic coast of Canada. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, No. 155, 485 p.

LESTER, R. J. G., 1971. The influence of *Schistocephalus* plerocercoids on the respiration of *Gasterosteus* and a possible resulting effect on the behaviour of the fish. *Can. J. Zool.*, 49: 361-366.

McPHAIL, J. D. and C. C. LINDSEY, 1970. Freshwater fish of northwestern Canada and Alaska. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, No. 173, 381 p.

NARVER, D. W., 1969. Phenotypic variation in threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) of the Chignik River System, Alaska. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 26: 405-442.

NIKOLSKY, G. V., 1963. The ecology of fishes. Academic Press, London and New York, 352p.

PENNYCUICK, L., 1971. Quantitative effects of three species of parasites on a population of three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. *J. Zool.* (London), 165: 143-162.

POWER, G., 1965. Notes on the cold-blooded vertebrates of the Nabisipi River region, County Duplessis, Québec. *Can. Fld Nat.*, 79: 49-64.

POWER, G., G. F. POPE and B. W. COAD, 1973. Postglacial colonisation of the Matamek River by fish. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 30: 1586-1589.

ROGERS, D. E., 1968. A comparison of the food of sockeye salmon and threespine sticklebacks in the Wood River Lakes. *Univ. Wash. Publs. Fish.*, 3: 3-43.

VAN DEN ASSEM., J., 1967. Territory in the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. An experimental study in intraspecific competition during reproduction. *Behaviour*, suppl. 16, 164p.

VAN MULLEM. P. J. and VAN DER VLUGT, J. C., 1964. On the age, growth and migration of the anadromous stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L., investigated in mixed populations. *Archs néerl. Zool.*, 16: 111-139.

VARLEY, M. E., 1967. British freshwater fishes. Fishing News (Books) Ltd., London, 148p.

VIK, R., 1954. Investigations on the pseudophyllidean cestodes of fish, birds and mammals in the Anoa water system in Trondelag. Pt. 1. *Cyathocephalus truncatus* and *Schistocephalus solidus*. *Nytt Mag. Zool.*, 2: 1-51.

WOOTTON, R J., 1973. The effect of size of food ration on egg production in the female threespined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *J. Fish. Biol.*, 5: 89-96.

Naturaliste can., 100: 447-451 (1973).

EFFETS DU GAZ CARBONIQUE SUR LE MÉCANISME D'EXPANSION DES AILES CHEZ *DROSOPHILA MELANOGASTER* MEIGEN ET *CALLIPHORA ERYTHROCEPHALA* (MEIGEN)[1]

Marie LAGUEUX et J.-M. PERRON

Département de biologie, Faculté des sciences, Université Laval, Québec

Résumé

Ce travail précise le mécanisme d'action du gaz carbonique sur *Drosophila melanogaster* Meigen et sur *Calliphora erythrocephala* (Meigen). Chez *D. melanogaster*, la sensibilité au CO_2 se manifeste au moment où la bulle d'air dans l'intestin moyen est à sa grosseur maximale, 30 à 60 minutes après l'émergence. Chez *C. erythrocephala*, où on observe également la formation d'une bulle d'air dans l'intestin, il existe aussi une relation entre le volume de cette bulle d'air et l'exposition au CO_2.

Abstract

The effects of CO_2 anesthesia have been studied in *Drosophila melanogaster* Meigen and in *Calliphora erythrocephala* (Meigen). In *D. melanogaster*, the sensitivity to CO_2 appeared when the air bubble in the midgut reached its maximum volume, 30 to 60 minutes after the emergence. In *C. erythrocephala*, where the formation of an air bubble took place in the midgut, there was also a relation between the volume of this air bubble and the CO_2 sensitivity.

Introduction

n effet particulier du CO_2 sur des es mouches de *Drosophila megaster* Meigen a été récemment en évidence par Perron *et al.* 2). Lorsque des jeunes imagos âgés 0–3 heures sont exposés au CO_2 ınt 10 à 15 minutes, 20% d'entre ont un abdomen grisâtre après 24 'es et gonflent après 48 heures. La ıévité et la reproduction des ctes sont également affectées. id et Huot (1973) associent cet effet du CO_2 au mécanisme de l'expansion des ailes de jeunes mouches. Quelques minutes apès l'émergence, les mouches prennent de l'air par des mouvements de déglutition et forment une bulle d'air dans l'intestin moyen qu'elles utilisent par la suite pour l'extension des ailes (Fraenkel, 1935). Sous l'action du CO_2, cette bulle gonfle et provoque l'éclatement de l'intestin et des lésions à d'autres organes ou viscères par compression sur les parois de l'abdomen (David et Huot, 1973).

---

tribution no 103 du Département de biologie, Université Laval, Québec.

Ce travail apporte des précisions sur l'action du CO_2 chez *D. melanogaster* et *Calliphora erythrocephala* (Meigen).

Matériel et méthodes

Les méthodes d'élevage et la souche Oregon de *D. melanogaster* utilisées sont identiques à celles de Perron *et al.* (1972). Toutes les expériences sont réalisées sur de jeunes imagos de 0–3 heures, à la température de la pièce (23°C). Les traitements au CO_2 durent 12 minutes et ont lieu dans une chambre à anesthésie (Brown et Sang, 1965) reliée à une bonbonne de CO_2 pressurisé. Les insectes traités et les témoins sont par la suite isolés par couples dans de petites bouteilles où nous introduisons la nourriture (Lewis, 1960) sous forme de rondelles auxquelles nous avons ajouté du carbone activé. Ces disques sont paraffinés sur l'une des surfaces afin d'éviter que les femelles ne pondent sur les deux côtés; ils sont remplacés tous les jours.

L'élevage des larves de *C. erythrocephala* est réalisé sur du foie de boeuf à une température de 25°C. Les pupes sont recueillies et chacune est isolée dans une bouteille afin d'obtenir des précisions sur le moment de l'émergence et la durée du développement de l'insecte. Après avoir passé 12 minutes dans le CO_2, les imagos sont placés dans des récipients contenant du sucre, de l'eau et du foie de boeuf nécessaires à l'alimentation et à la ponte.

Résultats et discussion

Avant de décrire les effets immédiats et à long terme du gaz carbonique, il est nécessaire de bien connaître la chronologie des évènements que nous avons observés au cours de la période *de sensibilité* des insectes étudiés.

EXPANSION DES AILES

Dans la pupe, les ailes sont re et accolées à la partie ventrale d domen de l'insecte. Tout en deme repliées, elles se séparent du cc l'émergence. Quelques minutes les insectes s'immobilisent et con cent à effectuer des mouve rapides de déglutition. Graham- (1924) a associé ces mouvement formation d'une bulle d'air da partie antérieure de l'intestin r chez *Calliphora.* Eidmann (1924) aussi relié le phénomène de l'expa des ailes chez *Drosophila* à l'abso d'air. L'expansion des ailes, che deux espèces étudiées, s'effectu des tirements longitudinaux et versaux du tégument alaire. Au l'émergence terminée, cette expa commence par une extension tudinale du tégument. Quelques tants après le début de cette sion, l'étirement transversal de commence. Chez *D. melanogaster* tension transversale se fait simu ment dans les parties axiale e tale de l'aile tandis que che *erythrocephala,* cette extension mence par la partie distale. L'exte longitudinale de l'aile se poursu certain temps après que l'exte transversale est terminée. Quan ailes ont terminé leur expansio

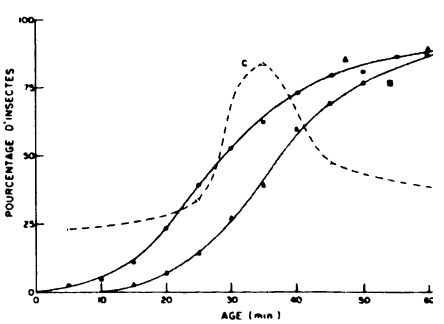
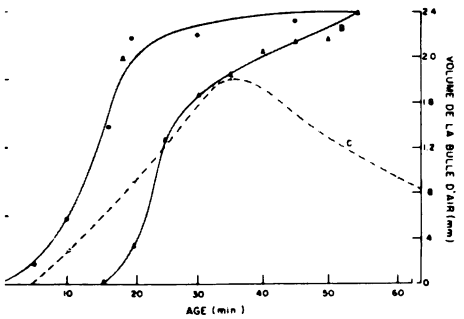


Figure 1. Mécanisme d'expansion des *Drosophila melanogaster* Meigen. Cou début de l'expansion des ailes: courbe B l'expansion; courbe C, largeur de l'abdome



ıure 2. Mécanisme d'expansion des ailes de *ɔhora erythrocephala* (Meigen). Courbe A, t de l'expansion des ailes; courbe B, fin de ansion; courbe C, volume de la bulle d'air tinale.

ain temps s'écoule avant qu'elles ınent leur position normale. Les nées présentées dans les figures 1 ! indiquent à quel moment après ıergence s'effectue l'expansion des ;. La courbe A et la courbe B, ésentant le début et la fin de ɔansion des ailes, montrent que le nomène est différent chez les deux èces de Diptères étudiées. Chez *C. hrocephala,* 50% des jeunes imagos commencé le déploiement de leurs ; 15 minutes après l'émergence ırbe A) tandis que, chez *D. anogaster,* un temps de 30 minutes ɔbservé. Vingt minutes après l'émerce, l'expansion des ailes a débuté z 91% des *Calliphora* tandis que, 60 utes après l'émergence, 86.6% des ɜophiles auront commencé à dé-'er leurs ailes. Par contre, *D. anogaster* prendra en moyenne 9.4 utes (différence entre les courbes A I) pour l'expansion proprement dite lis que, chez *C. erythrocephala,* le ps du début à la fin de l'expansion ailes sera en moyenne de 13.1 utes.

es figures 1 et 2 montrent égale-ıt l'évolution du volume de la bulle r intestinale après l'émergence des ɜctes (courbe C). Chez la Drosophile, le volume de la bulle d'air, mesuré par la largeur de l'abdomen, est à son maximum entre 30 et 35 minutes après l'émergence. Ce temps correspond approximativement à celui du début de l'expansion des ailes (34 min.). Chez *C. erythrocephala,* le volume de la bulle d'air, mesuré sur des intestins isolés, atteint son maximum 30 à 35 minutes après l'émergence, soit au moment où les ailes finissent leur expansion. Ce moment correspond au temps après l'émergence où les mouches cessent leur mouvement de déglutition (Fraenkel, 1935). Telle qu'observée par Fraenkel (1935), cette bulle d'air est encore présente 16 heures après l'émergence et disparaît complètement après 24 heures. Chez les deux espèces étudiées, la bulle d'air, en prenant une place considérable, permettrait, lors des contractions de l'abdomen, d'obtenir des pressions internes plus grandes favorisant l'étirement des ailes (Fraenkel, 1935).

EFFETS IMMÉDIATS DU CO_2

Aussitôt placées dans une atmosphère saturée par le gaz carbonique, l'abdomen des mouches gonfle immédiatement. Chez les Drosophiles âgées de 0-1 heure, le phénomène est irrégulier. Ainsi, de 15-60 minutes après l'émergence, les mouches gonflent même si l'étirement des ailes n'a pas encore commencé, tandis que, de 0-15 minutes, quelques mouches gonflent légèrement, se contractent puis étirent vers l'extérieur les derniers segments de leur abdomen. Ce processus se produit en quelques secondes et peut être répété en replaçant les mouches en présence du gaz carbonique.

Chez les mouches de *C. erythrocephala* âgées de 0-5 minutes, on constate la même réaction au CO_2, gonflement, contraction et étirement de

l'abdomen, observée sur la Drosophile âgée de 0–15 minutes. Par contre, quand elles sont placées en présence du CO_2 15 minutes après l'émergence, l'étirement des ailes est inhibé. Vingt minutes après l'émergence, l'expansion des ailes se produit en présence du gaz carbonique mais plus rapidement que chez les témoins. L'effet maximum est noté à 25 minutes quand l'abdomen éclate sous l'action du gaz carbonique. De 35 à 150 minutes, l'abdomen gonflera puis les deux membranes de l'aile se décolleront et l'une d'elles éclatera. Le gonflement de l'abdomen peut être observé jusqu'à 16 heures après l'émergence. Après 24 heures, aucun phénomène particulier n'a pu être observé.

EFFETS À LONG TERME DU CO_2

La figure 3 montre la relation qui existe entre l'âge auquel les Drosophiles sont exposées au CO_2 et

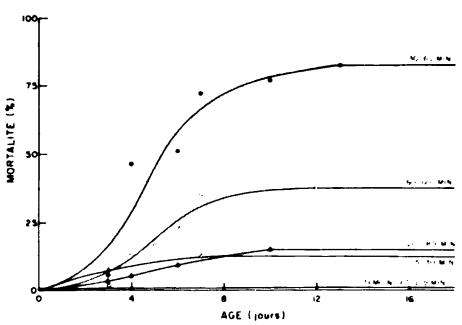


Figure 3. Mortalité des adultes de *Drosophila melanogaster* Meigen ayant été exposés à différents âges au gaz carbonique.

les pourcentages de mortalité observés. L'effet maximal du gaz anesthésiant est observé lorsque les mouches sont exposées 30 à 60 minutes après leur émergence. Ce temps correspond à celui où la bulle d'air a atteint son volume maximal et où 76.6% des *insectes sont en train* de déployer leurs ailes. Chez *Calliphora*, sept jours après le début de l'expérience, certaines mouches ont un gros abdomen et leurs derniers segments abdominaux étirés vers l'extérieur. La mortalité des insectes traités commence 8 jours après le traitement et 42 jours plus tard, il atteint 66.6% (fig. 4). La dissection

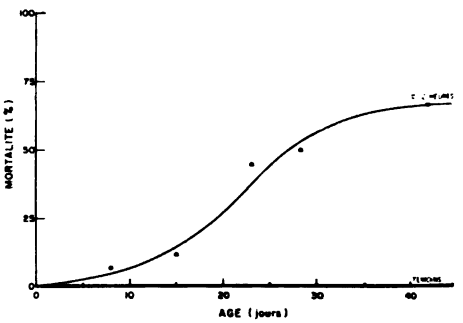


Figure 4. Mortalité des adultes de *Calliphora erythrocephala* (Meigen) ayant été exposés au gaz carbonique entre 0 et 2 heures après l'émergence.

des femelles ainsi affectées montre que les ovaires sont remplis d'ovocytes prêts à être pondus tandis que des femelles témoins ne possèdent que quelques oeufs. De plus, chez 50% d'entre elles le rectum est complètement obstrué par des cristaux et le jabot est vide comme celui d'un jeune témoin.

L'anesthésie par le CO_2 des jeunes Drosophiles et des jeunes *Calliphora* provoquent des perturbations physiologiques pouvant se traduire par une mortalité des mouches et une réduction de la ponte. Le mécanisme d'action du gaz anesthésique est directement relié au phénomène de l'expansion des ailes. Les mouches sont plus sensibles quand la bulle d'air intestinale, nécessaire à l'expansion du tégument alaire, a atteint son volume maximal.

Remerciements

Ce travail a été rendu possible grâce à l'aide financière du Ministère de l'éducation du Québec et du Conseil national de recherches du Canada. Les auteurs remercient monsieur G.-W. Corrivault pour avoir revisé le manuscrit.

Références

BROWN, E. H. and J. H. SANG, 1965. A simple CO_2 anaesthetiser. *Drosophila information Service*, 40: 102.

DAVID, J. et L. HUOT, 1973. Effets de l'anesthésie par le gaz carbonique chez la Drosophile: éclatement du tube digestif et mortalité des jeunes adultes. *Can. J. Zool.*, 51: 811-816.

EIDMANN, H., 1924. Untersuchungen über Wachstum und Häutung der Insekten. *Zeitschr. Morph. Okel.*, 2: 567-610.

FRAENKEL, G., 1935. Observations and experiments on the blow-fly *(Calliphora erythrocephala)* during the first day after emergence. *Proc. zool. Soc. Lond.* 1935, 893-904.

GRAHAM-SMITH, G. S., 1934. The alimentary canal of *Calliphora erythrocephala* L. *Parasitology*, 26: 176-248.

LEWIS, E. B., 1960. A new standard food medium. *Drosophila information Service*, 34: 117-118.

PERRON, J.-M., L. HUOT, G.-W. CORRIVAULT and S. S. CHAWLA, 1972. Effects of carbon dioxide anaesthesia on *Drosophila melanogaster*. *J. Insect. Physiol.*, 18: 1869-1874.

'aturaliste can., 100: 453-459 (1973).

ɴCIDENCES DE DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES SUR LE DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE ET POSTEMBRYONNAIRE DE *DROSOPHILA MELANOGASTER* MEIG.

Ginette LAUGÉ

Laboratoire d'entomologie et d'écophysiologie expérimentales, Université Paris-Sud 91405 – Orsay, France

Résumé

Trois températures 25°, 30° et 32°C, sont utilisées comme températures de ponte et de développement, selon 7 combinaisons. Les résultats sont les suivants: 1) la température de développement agit à plusieurs niveaux: taux global d'émergence, mortalité larvo-pupale, proportion des sexes; 2) le taux d'éclosion dépend essentiellement de la température de ponte.

Abstract

Seven combinations of 25°, 30° and 32°C were utilized to study incidence of mortality in the development of *D. melanogaster*. Results indicated that developmental temperature affected larvo-pupal mortality, adult emergence and sex ratio, while eclosion of eggs was affected by temperature of oviposition.

Introduction

ans un précédent article (Laugé, 2), nous avons constaté que la temature de 30°C affecte considérablent le taux de reproduction des sophiles *(Drosophila melanogaster,* gon RC). Rappelons que le taux de roduction, ou encore taux de mulcation, correspond au rapport entre escendance femelle et le nombre de es. Ainsi, après s'être développés à les couples maintenus à cette temature (F_1) ont un taux de multiplica- 92 fois inférieur à celui des couples enés à 25° dès leur émergence).

a diminution du taux de multiplion à la température de 30° espond-elle seulement à une mocation du fonctionnement génital deux sexes, fait maintenant bien li pour les mâles (Plough et Strauss, 1924; Young et Plough, 1926; David, Arens et Cohet, 1971), mais aussi pour les femelles (Maynard Smith, 1958; David et Clavel, 1969; Lints, 1971; Laugé, 1972), ou bien le facteur thermique agit-il également sur le développement embryonnaire et postembryonnaire des descendants?

Selon David et Clavel (1967), il y a peu de différences entre les mortalités larvo-nymphales observées à 25° et à 30°. Mais il faut noter que, dans le type d'expériences menées par ces auteurs, la mortalité au stade embryonnaire n'est pas examinée. De plus les oeufs, tous pondus à la température de 25° pendant une durée de 6 heures, sont ensuite soit laissés à cette température, soit portés à 30°. Les conditions expérimentales diffèrent donc des nôtres. Aussi avons-nous entrepris les expériences suivantes.

Conditions expérimentales

Trois températures: 25°, 30° et 32°C, sont utilisées selon sept combinaisons:

— ponte à 25°; développement à 25, 30 ou 32°.
— ponte à 30°; développement à 30 ou 25°.
— ponte à 32°; développement à 32 ou 25°.

Dans tous les cas, les adultes, âgés de 3 à 4 jours, proviennent d'un élevage à 25°. Les pontes à cette température sont recueillies après une durée de 4 heures, celles à 30° et 32° après une durée de 5 heures. Les oeufs sont récoltés à l'aide d'un pinceau mouillé avec du Ringer Ephrussi (Ephrussi et Beadle, 1936) et disposés par groupe de 30 sur des rectangles de papier humidifié avec le même liquide physiologique. Chaque groupe d'oeufs est ensuite placé dans un tube, sur un milieu à base de farine de maïs et d'agar ensemencé avec de la levure fraîche. Un contrôle des températures dans les enceintes et à l'intérieur des tubes au moyen de thermocouples n'a montré aucune variation appréciable.

Chacune des sept combinaisons thermiques a donné lieu à cinq répétitions de cinq tubes, soit au total 25 tubes par combinaison (750 oeufs). Les répétitions sont réalisées le même jour pour toutes les combinaisons.

Les oeufs non éclos sont comptés. Il est évident que leur nombre correspond à celui des embryons morts en cours de développement, mais aussi, éventuellement, à celui des ovocytes non fécondés. Les mortalités sont notées en fin de développement larvaire et pupal, les imagos, femelles et mâles, dénombrés séparément.

Résultats

L'analyse statistique n'ayant révélé aucune hétérogénéité significative entre les répétitions, les résultats globaux

TABLEAU I

Action de différentes combinaisons thermiques sur le développement embryonnaire et postembryonnaire de *Drosophila melanogaster*

		% oeufs non éclos	*Mortalité larvaire en %*	*Mortalité pupale en %*	*Emergences en %*	*% ♀*
Développement à 25°	oeufs pondus à 25°	6,4	5,6	1,7	86,9	51,53
	oeufs pondus à 30°	14,9	4,9	5,3	76,6	49,37
	oeufs pondus à 32°	16,7	9,2	4,8	72,0	51,94
Développement à 30°	oeufs pondus à 30°	16,1	18,9	53,9	31,1	38,72
	oeufs pondus à 25°	8,3	21,7	50,1	35,9	28,25
Développement à 32°	oeufs pondus à 32°	16,8	78,5	98,4	0,3	—
	oeufs pondus à 25°	9,5	76,0	100,0	0	—

ınt résumés dans le tableau I. Par ailurs, un calcul de χ^2 de contingence permis d'évaluer, pour les comnaisons 25-30° et 25-32°, l'influence ı la température de ponte, celle de la

Les divers procédés d'analyse montrent que :

1°) Le nombre d'émergences est essentiellement fonction de la température de développement. Nul (ou presque) à 32°, il n'atteint pas à 30° la

TABLEAU II

alyse du χ^2 de contingence concernant l'influence de la température de ponte, celle de la température de développement et l'interaction éventuelle entre les deux températures pour les combinaisons 25-30° et 25-32° (chacun des contrastes isolés correspond à un seul degré de liberté).

		mortalité oeufs/larves	*mortalité (oeufs+larves)/ pupes*	*mortalité globale/ émergences*	%♀
Combinaisons 25 – 30°	Température de ponte	36,66	1,74	13,66	0,60
	Température de développement	46,59	77,72	684,93	30,74
	Interaction entre t. ponte et t. développement	1,38	0,13	2,75	4,90
Combinaisons 25 – 32°	Température de ponte	37,35	4,60	16,30	0,02
	Température de développement	157,46	4,58	1879,15	0,01
	Interaction entre t. ponte et t. développement	0,00	1,55	17,56	0,07

ıpérature de développement et l'inraction éventuelle entre ces deux temıratures sur les différents critères tenus ci-dessus (tableau II). Précisons ıe l'analyse du χ^2 est menée de façon voir s'il n'y a pas d'effets cumulés sur ɜ mortalités au cours des différents ıdes de développement. Les figures I 2 donnent, après sommation selon ɜ températures de ponte ou de ıveloppement, les variations des pourıntages par rapport aux nombres taux d'oeufs mis en expérience. Ils ıstrent les conclusions de l'analyse ıtistique.

moitié de la valeur observée à 25° (χ^2: 1879, 15 et 684,93 pour un seul degré de liberté). Comparativement, les variations observées en fonction de la température de ponte sont négligeables (χ^2: 16,30 et 13,66).

2°) Lorsque le développement se déroule à 30° ou 32°, la mortalité larvo-pupale est nettement supérieure à celle observée à 25°. Plus précisément, le taux de mortalité augmente au cours des stades larvaires (χ^2=46,59) et surtout pupal (χ^2=77,72) à 30°, alors qu'il affecte essentiellement les stades larvaires à 32° (χ^2 = 157,46). Quant aux pupes qui se forment à cette température, leur chance de survie est nulle

(taux de mortalité pupale: 98,4 et 100%). La température de ponte n'a aucune influence comparable.

3°) Le pourcentage des oeufs qui n'éclosent pas à une température donnée est avant tout fonction de la température de ponte et non de celle du développement. Par exemple, lorsque le développement a lieu à 25° et la ponte à la même température, le pourcentage d'oeufs non éclos est de 6,4%; il atteint 14,9 et 16,7% pour des oeufs issus de pontes à 30 et 32°. Par contre, les oeufs provenant de pontes à 25° conduisent à des taux de mortalité voisins, que le développement embryonnaire se soit ensuite déroulé à 25°, 30° ou 32°. Les mêmes remarques sont valables pour les conditions 30-30° (température de ponte — température de développement), 25-30° et 32-32°, 25-32°. Enfin, il est à noter que le taux de mortalité le plus élevé (pontes à 32°) ne dépasse pas 16,3%.

4°) Les adultes qui émergent à 30° montrent une proportion des sexes anormale puisque le pourcentage de femelles est soit de 38,72, soit de 28,25 (χ^2: 30,74). Le temps de séjour des parents à 30° étant très court (5 heures) et l'analyse du χ^2 (tableau II) montrant que la température de ponte n'a aucune influence, on ne peut envisager une action différentielle de ce facteur sur les deux types de spermatozoïdes, c'est à dire ceux avec hétérochromosome X et ceux avec hétérochromosome Y (Murnik, 1971). L'hypothèse la plus vraisemblable est qu'il s'agit de mortalité sélective des femelles au cours de leur développement. Remarquons que les deux seuls imagos apparus à 32° sont également des mâles.

5°) Les résultats mentionnés ci-dessus sont bien liés soit à la température de développement, soit à celle de ponte. En effet il n'y a, comparativement, aucune interaction importante *entre les deux* températures (tableau II).

Discussion

Comme l'indiquent les faits rapp
la température de développement
différents niveaux: taux global d
gence, mortalité larvo-pupale, prop
des sexes. Par contre, le taux d'éc
dépend surtout de la températu
ponte.

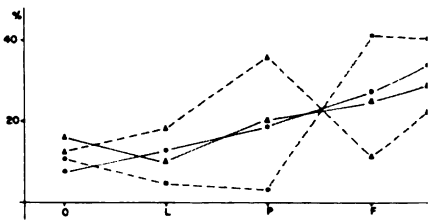


Figure 1. Influence de la température d
et de celle du développement, pour le
binaisons 25-30° (±). TP 25°: température
te: 25°; température de développement:
30°. TP 30°: température de ponte 30°: t
ture de développement: 30 ou 25°. TD 25°:
rature de développement: 25°; températ
ponte: 25 ou 30°. TD 30°: température
veloppement: 30°; température de ponte:
25°.

* Les pourcentages sont calculés en f
des nombres totaux d'oeufs mis en expé

O: oeufs non éclos; L: larves mortes; P
mortes; F et M: femelles et mâles ayant a
stade adulte.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE DÉ
PEMENT

Sur le taux d'émergence: le pou
tage d'imagos obtenus dans les c
tions 25-25° (température de pon
température de développement) e
86,9. Il n'est plus que de 35,9% da
conditions 25-30° et 31,1% dan
conditions 30-30°. En d'autres te
les chances de survie sont réd
d'environ deux tiers dans les deu
nières conditions. Par conséquent,
la diminution du taux de multiplic
observée dans la descendance d
(couples maintenus à 30° après
développés à cette température) lc
notre précédent travail (Laugé, 19
entre un effet non négligeable
température sur la réussite du

nent des oeufs pondus. Le nement génital des parents est oins affecté qu'il ne semblait

ıortalité larvo-pupale: les varia- bservées au niveau du taux d'émergence se retrouvent au le la mortalité larvo-pupale. Ces ; diffèrent de ceux obtenus par ıurs cités plus haut (David et 1967); bien entendu, les durées e ne sont pas rigoureusement es (4 heures, 6 heures), mais cer- conditions expérimentales sont ables (25°-25°; 25°-30°; 25°-32°). fres fournis par Siddiqui et Bar- 72) sont également autres. Dès peut penser que les possibilités oppement des drosophiles en di- onditions thermiques sont fonc- a qualité génétique des souches. ıriation de sensibilité au facteur ue rappelle celle observée au ni- l'action stérilisante exercée par ıpératures élevées (Plough et 1924; Laugé et Masner, 1972). souche Oregon RC utilisée dans ıil, les pupes apparaissent très s à la température de 30° (50 à mortalité à ce stade), les larves à 32° (76 à 78,5% de mortalité). Il s impossible que le destin de ces soit préconditionné par le fait ıu les stades précédents se sont pés à température élevée[1]. s, en ce qui concerne la haute é larvaire observée à 32°, nous ; qu'elle est aussi liée à des ès d'exuviation permettant le d'un stade au suivant et, éven- ent, de pupaison. Par exemple, s larves de troisième stade res- ıntes pendant 6 à 7 jours, sans e transformer en pupes.

it possible d'analyser l'importance de ce onnement en ramenant les pupes ou à 25°. Mais là n'était pas le propos du

Sur la proportion des sexes: dans les expériences ici rapportées, une température de développement de 30° conduit à une mortalité sélective des femelles. Ce fait n'avait pas été observé en F_2 dans nos précédentes recherches (Laugé, 1972). Mais, lors de celles-ci, la génération F_1 se développait entièrement à 30°. Le conditionnement des parents étant différent, il est difficile de comparer les valeurs obtenues au niveau de la descendance dans ces deux séries d'expériences.

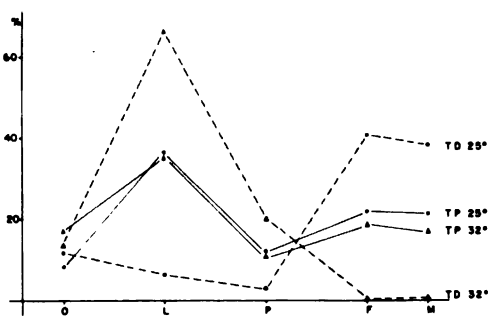


Figure 2. Influence de la température de ponte et de celle du développement, pour les combinaisons 25-32° (*). TP 25°: température de ponte: 25°; température de développement: 25 ou 32°. TP 32°: température de ponte: 32°; température de développement: 32 ou 25°. TD 25°: température de développement: 25°; température de ponte: 25 ou 32°. TD 32°: température de développement: 32°; température de ponte: 32 ou 25°.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE PONTE

Le pourcentage d'éclosion, qui dépend tout d'abord de la qualité du cytoplasme et de l'insémination, est aussi fonction de la température de ponte. Ce fait est particulièrement intéressant, car les oeufs, pondus par des femelles déjà accouplées à 25°, sont relevés soit après 4 h (25°), soit après 5 h (30 et 32°). Comme la survie des spermatozoïdes est longue dans les voies génitales mâles ou femelles (David, Arens et Cohet, 1972), il est peu probable que les différences observées

soient liées à des perturbations de fécondation ou d'insémination. De plus, lorsque les oeufs sont portés à la température de développement, les stades atteints par la plupart des embryons se situent entre l'amphimixie et le stade blastoderme (Rabinowitz, 1941; Imaizumi, 1958; Laugé, 1969b). Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées:

— la température agirait en modifiant la qualité du cytoplasme de l'ovocyte et, partant, la programmation du développement embryonnaire. Une hypothèse de ce type a déjà été formulée pour expliquer la féminisation des intersexués de *Drosophila melanogaster*, lorsque les oeufs sont soumis à un traitement thermique précoce, de courte durée, à température élevée (Laugé, 1969a).

— l'embryon serait particulièrement sensible aux conditions thermiques pendant les premières heures de son développement. Rabinowitz (1941) a en effet montré qu'à 30°, la succession des mitoses est accélérée par rapport à 24°. Malheureusement, il n'y a aucune information concernant l'incidence d'une telle accélération sur les possibilités ultérieures du développement.

— la température pourrait modifier les qualités physico-chimiques du vitellus, ce qui perturberait par la suite la nutrition de l'embryon. Cette hypothèse rappelle celle formulée par exemple par Andrewartha (1952) à propos de la diapause embryonnaire.

Conclusion

Les expériences précédentes montrent que la température de développement conditionne le taux global d'émergence, la proportion des sexes, la mortalité au cours des stades postembryonnaires. Ainsi que le soulignent Siddiqui et Barlow pour *Drosophila melanogaster* (1972), ou encore Philipp et Watson pour *Pectinophora gossypiella* (1971), il *est nécessaire* de tenir compte de ce facteur lorsqu'on étudie le taux croissement d'une population. Le blème précis que nous nous é précédemment posé était de conr l'influence de la température de 30 le taux de multiplication de *Droso melanogaster* et l'importance d restauration observée lorsque adultes élevés à 30° sont ramenés (Laugé, 1972). Il ressort du pré travail que, parallèlement aux pa qui ont un fonctionnement génita férent, les oeufs pondus n'ont pas chances équivalentes de dévelc ment.

De même que chez de nomt insectes (Howe, 1967), le stade apparaît particulièrement résis 83,2% de larves naissent à la temp ture de 32°, alors que le développe complet est impossible à cette te rature. Il n'en reste pas moins comme nous l'avons indiqué, la te rature à laquelle les oeufs sont fo et pondus a une incidence certain le taux d'éclosion.

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaiss Monsieur Arnoux, Chef du service de bio du C.N.R.A. de Versailles, à qui je dois l'a statistique des résultats. Je remercie bier ment Monsieur le Professeur Le Berre, Dir du laboratoire d'entomologie et d'écophysi expérimentales du Centre d'Orsay, pour se seils judicieux lors de la réalisation de ce et de la rédaction du manuscrit.

Références

ANDREWARTHA H.G., 1952. Diapause in r to the ecology of insects. *Biol. Rev.*, 27 107.

DAVID J., M. F. ARENS et Y. COHET, 1971. S mâle à haute température chez *Dros melanogaster*: nature, progressivité et sibilité des effets de la chaleur. *C. r. hebd. Acad. Sci., Paris*, 272: 1007-1010.

DAVID J. et M.F. CLAVEL, 1967. Influence de la température d'élevage sur la mortalité larvo-nymphale et la durée de développement de la Drosophile. *Naturaliste can.*, 94: 209-219.

DAVID J. et M.F. CLAVEL, 1969. Influence de la température sur le nombre, le pourcentage d'éclosion et la taille des oeufs pondus par *Drosophila melanogaster. Ann. Soc. ent. Fr. (N.S.)*, 5: 161-177.

EPHRUSSI B. and G. W. BEADLE, 1936. A technique of transplantation for *Drosophila. Am. Nat.*, 70: 218-225.

HOWE R.W., 1967. Temperature effects on embryonic development in Insects. *A. Rev. Ent.*, 12: 15-42.

IMAIZUMI T., 1958. Recherches sur l'expression des facteurs létaux héréditaires chez l'embryon de la Drosophile. V. Sur l'embryogenèse et le mode des létalités au cours du développement embryonnaire. *Cytologia*, 23: 270-285.

LAUGÉ G., 1969a. Relation entre le facteur thermique et l'intersexualité chez les Insectes. Discussion des faits observés chez *Drosophila melanogaster. Bull. Soc. Zool. Fr.*, 94: 341-362.

LAUGÉ G., 1969b. Recherches expérimentales sur la détermination et la différenciation des caractères morphologiques et histologiques des intersexués triploïdes de *Drosophila melanogaster.* II. Mise en évidence de phases de détermination au cours du développement. *Ann. Embryol. Morph.*, 2: 273-299.

LAUGÉ G., 1972. Longévité et taux de reproduction de Drosophiles soumises à une température élevée. *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris, 275: 1251-1254.*

LAUGÉ G. and P. MASNER, 1972. Sterilizing effect of high temperatures on *Drosophila melanogaster* (Diptera). *Abstr. 14th Int. Congr. Ent.*: 232.

LINTS F., 1971. Influence des facteurs d'environnement préimaginal sur la fécondité de *Drosophila melanogaster. Ann. Zool. Ecol. anim.*, 3: 517-525.

MAYNARD SMITH J., 1958. The effects of temperature and of egg-laying on the longevity of *Drosophila subobscura. J. exp. Biol.*, 35: 832-842.

MURNIK M.R., 1971. The effects of temperature on the sex ratios observed from OR and SD males. *Drosoph. Inf. Serv.*, 46: 112.

PHILIPP J.S. and T.F. WATSON, 1971. Influence of temperature on population growth of the pink bollworm *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ann. ent. Soc. Am.*, 64: 334-340.

PLOUGH H.H. and M.S. STRAUSS, 1924. Experiments on toleration of temperature by *Drosophila.J.gen.Physiol.*,6:167-176.

RABINOWITZ M., 1941. Studies on the cytology and early embryology of the egg of *Drosophila melanogaster. J. Morph.*, 69: 1-49.

SIDDIQUI W.H. and C.A. BARLOW, 1972. Population growth of *Drosophila melanogaster* (Diptera : Drosophilidae) at constant and alternating temperatures. *Ann. ent. Soc. Am.*, 65: 993-1001.

YOUNG W.C. and H.H. PLOUGH, 1926. On the sterilization of *Drosophila* by high temperature. *Biol. Bull.*, 51: 189-198.

ıturaliste can., 100: 461-465 (1973)

SYNOPSIS OF NEARCTIC ICHNEUMONINAE STENOPNEUSTICAE WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE NORTHEASTERN REGION (HYMENOPTERA). SUPPLEMENT 4

Gerd H. HEINRICH
Dryden, Maine, U.S.A.

Résumé

L'auteur présente un nouveau genre néarctique, ***Carlsonia,*** avec comme espèce-type *Linycus perturbator* Heinrich. Deux nouvelles espèces sont décrites, chacune dans les deux sexes: ***Cratichneumon flaschkai*** provenant du Colorado, et ***Melanichneumon margaritae,*** de l'Arkansas et du Tennessee.

Abstract

A new nearctic genus is introduced: ***Carlsonia,*** with *Linycus perturbator* Heinrich as the type species. Two new species are described, each in both sexes: ***Cratichneumon flaschkai*** from Colorado and ***Melanichneumon margaritae*** from Arkansas and Tennessee.

Carlsonia, new genus

e species: *Linycus perturbator* Hein-
.

RIBUTION: Maine and Michigan

ΛMBLE

ıe orignal description of the species *cus perturbator (Naturaliste can.,* 98: ?-1024) was based on two males only n southern Maine). The type speci- ıs are most closely related in struc- to the genus *Linycus* Cameron, but phologically not quite identical with type of that genus, differing from it nentioned in the orignal description) the "somewhat elongate, nearly ıllel-sided shape of the abdomen" by wider and more curved cheek ile and temple profile.

Recently Dr. R.W. Carlson forwarded to me for examination a female of the subfamily Ichneumoninae, collected in Michigan, which seemed unassociated with any known species and genus of the subfamily, although Dr. Carlson was convinced that it belonged to the tribe Platylabini.

The female was indeed so strikingly distinguished in appearance from all forms ever associated with the Platylabini that I have been reluctant at first to attribute it to that tribe, until a close examination revealed that it represented, without doubt, the, so far unknown, other sex of *Linycus perturbator;* this fact definitely established the tribal position of this new genus as Carlson had already correctly suggested.

1. The preceding supplements 1, 2, and 3 were also published in *Naturaliste Canadien*: Supplement 1969 (Vol. 96, p. 935-963), Supplement 2 in 1971 (Vol. 98, p. 959-1026), Supplement 3 in 1972 (Vol. . 173-211). All these supplements refer to the authors "Synopsis of nearctic Ichneumoninae Stenosticae with particular reference to the northeastern region", published as Supplements to the *Cana- Entomologist* from February 1, 1961, to November 27, 1962 (Supplements Nos. 15, 18, 21, 23, 26, ıd 29).

While the male of *Carlsonia* is rather closely related in structure to *Linycus*, differing from that genus mainly in the unobtrusively elongate abdomen and in the head structure, the female shows a very striking specialization of the shape of the abdomen, which is quite unique in the tribe Platylabini; the abdomen is elongate, parallel-sided and cylindrical, a structure which in all probability represents an evolutional adaptation of the abdomen of the female, to serve as a tool in the act of parasitization of a special host. Analogous abdominal structures occur in almost all other tribes and subtribes of the Icheumoninae, as for example in *Limerodops* Heinrich of the Amblytelina, in *Erythrojoppa* Cameron of the Ichneumonina, and in *Deuterotypus* Heinrich of the Listrodromini, but were unknown in the Platylabini until now.

DESCRIPTIVE NOTES

Carlsonia belongs to the group of the Platylabini which is distinguished by very small, short-oval or almost circular spiracles of the propodeum, and which is represented in the Nearctic Zone also by the genera *Cyclolabus* Heinrich, *Linycus* Cameron, *Neolinycus* Heinrich, and *Apaeleticus* Wesmael. *Carlsonia* differs from all these four genera most strikingly by the elongate structure of the abdomen of the female, as mentioned above. Some characters agree with *Linycus*, such as the only slightly depressed and narrower than their interspace gastrocoeli, which are irregularly reticulate-rugose, as is their interspace, and the strongly developed anterior third of notauli.

The head is wider than in *Linycus* in both sexes, with the temple profile not narrowed behind eyes, strongly curved and with the cheeks in lateral view broad and strongly convex; the clypeus is rather strongly convex.

Scutellum moderately raised above postscutellum and laterally weakly *carinate to about* middle in female, more strongly carinate to the apex in male; area superomedia short, in female about three times as wide as medially long.

Named in honor of Dr. Robert W. Carlson who collected the female of the type species and who recognized its taxonomic importance.

Carlsonia perturbator (Heinrich), new combination

Linycus perturbator Heinrich, 1971, Naturaliste can., 98: 1022-1024.

TYPES

Holotype: ♂ , Southern Maine. C.G.H. II.

Neallotype: ♀ , "Iron Co., Michigan, 6—18-VIII-1967, R. W. Carlson". U.S. N.M.

DISTRIBUTION: Maine and Michigan.

DESCRIPTION OF FEMALE

Orange-red; the following white: orbits around eyes (narrowly interrupted on malar space and on vertex, broadly interrupted on temples), subalarum, collare, pronotal ridge, apex of pronotal base, scutellum (except orange base); tarsi III dorsally whitish; the following black: basic color of entire head and pronotum, sutures around mesoscutum, stripe below subalarum, basal furrow of scutellum, axillary troughs, trochanters I, apex of femora III; femora III dorsally blackish-infuscated; length 9 mm.

Flagellum: Bristle-shaped, moderately long, ventrally flattened beyond middle but not widened, fairly strongly attenuated toward apex, with 31 segments, the first fully 3 times as long as apically wide, the widest on the flat side approximately square. Black, with dorsal white annulus on segments 6-10.

Head: Carinal junction at mandible base; malar space not quite as long as width of mandible base; mandibles normal, with small subapical tooth; face,

us, and frons fairly finely, but dis- / and very densely punctured all

orax: Mesoscutum slightly longer wide, rather strongly convex, ly and fairly finely punctured, nely finely coriaceous and glossy en punctures; carination of prop- n complete, except for the absent e coxales; area basalis deepened; a densely punctured all over, ling speculum; no apophyses.

ngs: Nervulus interstitial.

gs: Long and fairly slender.

domen: Petiole barely wider than postpetiole with very sharply d median field; the median field s some irregular rugosity and some ar punctures, but no striation; sec- ergite parallel-sided, distinctly lon- an wide; gastrocoeli with fairly dis- thyridia; third tergite also parallel- , somewhat longer than wide; the ring tergites parallel-sided; second e (except reticulate-rugose gas- eli and their interspace) finely punc- , with extremely fine, coriaceous sculpture; third tergite with sparse, fine puncturation, glossy; the fol- g tergites glossy, almost impunc-

Holotype: ♀, "Drake, Colorado, 63", leg. H. Flaschka. C.G.H. II.

Allotype: ♂, same data. C.G.H. II.

IBUTION: Colorado.

ABLE

rather large species, well dist- shed chromatically and in structure llows: basic color black, abdomen ale with distinct, steel-blue tinge; in both sexes with broad, ivory lus shortly beyond base, the tibiae ll in male uniformly ivory; areae parae in both sexes, in contrast to imilarly colored eastern nearctic es of the *sublatus* group, with distinct, triangular apophyses (more prominent in female than in male); postpetiole finely, irregularly rugose in both sexes; gastroceoli superficial, the thyridia somewhat removed from the base of second tergite in male.

This is not a typical species of the genus *Cratichneumon*. It approaches rather the oriental genus *Lareiga* Cameron and is also related to the blue european species *patruelis* Holmgren, sharing with these forms the short projections of the propodeum and the long, bristle-shaped flagellum of the females.

DESCRIPTION OF FEMALE

Black, the following ivory: frontal and vertical orbits broadly, mark on collare, entire pronotal ridge, subalarum, scutellum, postscutellum, and all tibiae except narrowly black bases and broadly black apices; flagellum with white annulus; length 15 mm.

Flagellum: Bristle-shaped, but only moderately attenuated toward apex, ventrally flattened but not widened beyond middle, with 39 segments, the first nearly three times as long as apically wide, in lateral view the 7th square, none tangibly wider than long. Black, with complete white annulus on segments 8-18.

Head: Temple profile not narrowed behind eyes, curved; cheek profile in frontal view slightly narrowed toward mandible base; malar space about as long as width of mandible base; median field of face and lower parts of lateral fields slightly protruding; clypeus slightly convex; face and clypeus coarsely and densely punctured, frons slightly concave, densely and finely punctured and coriaceous.

Thorax: Anterior third of notauli distinct; mesoscutum coarsely and densely punctured all over; scutellum smooth and almost flat; horizontal part of propodeum medially distinctly shorter than the declivity, the latter coarsely, irregularly rugose, without distinct carination;

horizontal part of propodeum also coarsely and irregularly rugose, the area superomedia about as long as wide, not clearly separated in front from area basalis; costulae indicated, oblique; areae dentiparae with short, triangular, distinct apophyses; pleura coarsely, irregularly reticulate-rugose.

Wings: Nervulus strongly postfurcal; areolet clearly pentagonal.

Legs: Coxae III densely punctured, smooth and shiny between punctures, without scopa.

Abdomen: Postpetiole with weakly indicated median field, finely and irregularly rugose, with scattered punctures; second tergite finely and very densely punctured all over, coriaceous between punctures; the third tergite extremely finely punctured and coriaceous.

DESCRIPTION OF MALE

Black, tergites 2-7 distinctly steel-blue-tinged; the following ivory: face, clypeus, band around orbits (interrupted narrowly at temples and at malar space), mandible base, collare, pronotal ridge entirely, lower third of pronotal base, subalarum, tegulae almost entirely, scutellum, postscutellum, coxae I and II except black bases, first trochanters I and II, tibiae III (except narrowly black base and about the apical half black), tibiae I and II dorsally entirely, ventrally except black wedge-shaped, fairly long apical line, segment I of tarsi I and II dorsally extensively, and a small apico-dorsal mark on coxae III; flagellum with white annulus; length 18 mm.

Flagellum: With 42 segments, nodose, with subapical bristle-ridges on interior side of segments, and with tyloids on segments 6-19; the tyloids are bacilliform on segments 6 and 7, increase gradually in width on segments 8-10, and are broadly-oval, reaching close to bases *and apices* of segments on segments 10-16. Black, with complete white annulus on segments 17 (apex) to 24; scape ventrally white.

Malar space rather short, barely one third as long as width of mandible base; mesoscutum and scutellum markedly more convex than in female; scutellum steeply curved down apically toward postscutellum; sculpture of mesoscutum as in female; propodeum markedly more abbreviated than in female, the area superomedia about three times as wide as medially long; apophyses of areae dentiparae slightly less strongly developed than in female; area posteromedia, as in female, not delimited; gastrocoeli narrowed and somewhat elongate, the thyridia distinctly removed from base of second tergite; tergites 2-4 densely and strongly punctured, finely coriaceous between puctures, the fifth tergite more finely and more sparsely punctured.

Named in honor of the collector, Dr. Helmut Flaschka, Georgia Technological College, Atlanta, Georgia.

***Melanichneumon margaritae*, new species**

TYPES Holotype: ♀, "Natchez Trail State Park, Henderson Co., Tennessee, 22—26-VI-1972." C.G.H. II.

Allotype: ♂, same data. C.G.H. II.

Paratypes: 1♀, 6♂, same locality, June 1972. C.G.H. II.; 5♂, Mountainburg, Arkansas, 10—13-VI-1971. Collection of Henry Townes.

DISTRIBUTION: Tennesse, Arkansas.

PREAMBLE

This species belongs to the genus *Melanichneumon* Thomson, sensu stricto (see Heinrich, Synopsis of nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae, *Can. Ent.*, Vol. 93, Suppl. 26, p. 583-604). In contrast to all other nearctic species of this genus, it is distinguished by strongly developed sexual dichroism, the basic color of the female being red, of

ıale black. The white (ivory) pattern both sexes, similar to that of the rity of the species of the genus.

the key to the females of the genus *ıichneumon* (Heinrich, 1962) this le runs to couplet 7, but disagrees both alternatives of that couplet, as mesocutum and the prescutellar ae are ivory-marked and simultane- the 6th and 7th tergites display very ıct apical ivory marks; it shows general, chromatic similarity with hree species: *honestus* Cresson, *carina* Heinrich, and *disparilis* Cres- but differs decisively from them all ucture by a markedly longer, less ıed beyond middle, and apically strongly attenuated flagellum.

e male shares the black basic color ıe entire body with two nearctic ies only: *dreisbachi* Heinrich and *i* Heinrich. It differs form these two ies by: (1) the percurrent, medially nterrupted, apical, white bands on tes 1-5; (2) the presence of two lon- linal, median, white stripes on the ›scutum; and (3) by the extensively -marked mesopleuron and metap- ın. It is in size almost equal to *foxlei*, considerably smaller than *dreis- i*.

RIPTION OF FEMALE

ght ferruginous-red, with a few markings and with rich ivory pat- mesoscutum ferruginous-red, with ıarrow, not very distinct, longitudi- nedian ivory lines and two similar ıl lines, the basic color of lateral s of mesoscutum sometimes ish-infuscated; particularly indi- among the other various ivo- ırks are the two ivory patches on a, one on the lower apical part of ıesopleuron, the other on the lower l part of the area metapleuralis; are two conspicuous, apical ivory s, one on the 6th tergite, the other e 7th; tergites 1-3 with percurrent, or medially interrupted, narrow, apical ivory bands; scutellum, postscutellum, marks on prescutellar carinae, and the areae posteroexternae ivory; all coxae partially ivory; flagellum with white annulus; length 11 mm.

Flagellum: Comparatively long and more slender than in all similar species; with 41-43 segments, the first about twice as long as apically wide, the 8th in lateral view square, the widest nearly 2.5 times as wide as long on the flat side, long and strongly attenuated toward apex. Black, with complete white annulus on segments 6 or 7 to 16; scape extensively ferruginous.

DESCRIPTION OF MALE

Black, with very rich white pattern and without ferruginous parts; the following white: head (except black antennal cavities, broad middle of frons, ocellar and occipital regions), collare, pronotal ridge and base, subalarum, mark on tegulae, two longitudinal, median stripes on mesoscutum, two lateral stripes on mesoscutum, marks on prescutellar carinae, scutellum, postscutellum, upper exterior belt of prepectus more or less extensively, a broad, continuous, longitudinal band, or instead, two separated, irregular marks on mesopleuron, areae posteroexternae, mark on carinal triangle, regular, apical bands on tergites 1-5, apical marks on tergites 6 and 7, and various markings on coxae, trochanters, and ventral side of tibae I and II and femora I and II; flagellum with white annulus; length 11 mm.

Flagellum: With 38-41 segments and with very short, small, ivory-colored, narrowly-oval tyloids on segments 9 or 10 to 17 or 18. Black, with almost complete white annulus on segments 11-18 or 19; scape ventrally white.

Named in honor of Mrs. Marjorie Townes in admiration of her dedicated and indefatigable work for the cause of Ichneumonology.

ıturaliste can., 100: 467-477 (1973).

FORMATION OF ENDOMYCORRHIZAE BY *ENDOGONE CALOSPORA* ON *ALLIUM CEPA* UNDER THREE TEMPERATURE REGIMES[1]

Valentin FURLAN and J.-André FORTIN

Département d'écologie et pédologie, Faculté de foresterie et géodésie, Université Laval, Québec

Résumé

Des plants d'oignons ont été cultivés sous trois conditions de température et ont été inoculés avec des spores de l'*Endogone calospora*, puis observés périodiquement. Le processus d'infection a suivi une courbe sigmoïde montrant une phase latente, une période d'infection accélérée, puis un plateau. Ces trois phases ont toutes été affectées par les conditions de température. La période latente a été la plus courte aux conditions de température les plus élevées (21/26°C, nuit/jour) et la plus longue aux températures les plus basses (11/16°C). Le taux d'infection indiqué par la pente des courbes s'est comporté de façon similaire; il était plus rapide à 21/26°C qu'à 16/21°C et qu'à 11/16°C. Sous ces dernières conditions (11/16°), le taux d'infection est resté très bas pendant toute la durée de l'expérience. Le niveau final d'infection, indiqué par l'apparition d'un plateau, a été le plus élevé à 21/26°C (82%), est demeuré haut à 16/21°C (73%), mais n'a atteint que 11% à 11/16°C.

La croissance des plantes a été fortement stimulée après que l'infection fut réalisée à 21/26°C et 16/21°C, mais une diminution ($P<0.05$) parasitaire de la croissance a pu être observé pendant la huitième semaine à 11/16°C. La courbe décrivant la production des spores a suivi fidèlement celle décrivant la stimulation de croissance des plants inoculés. La production finale des spores par plant a été de 2600, 1800 et 50 aux températures de 21/26°C, 16/21°C et 11/16°C, respectivement.

Abstract

Onion plants grown under three regimes of temperature and inoculated with spores of *Endogone calospora* were observed periodically. The infection process followed a sigmoid curve showing a lag phase, an exponential infection period and a plateau. All three phases were affected by temperature conditions. The lag phase was the shortest at the highest temperature (21/26°C, night/day), and the longest at the lowest temperature (11/16°C). The rate of infection indicated by the slope of the curves behave in a comparable way ; it was more rapid at 21/26°C than at 16/26°C and 11/16°C. Under these last conditions (11/16°C) the rate of infection remained very slow through the experiment. The final level of infection indicated by the plateau was the highest at 21/26°C (82%), was slightly lower (73%) at 16/21°C, but reached only 11% at 11/16°C.

The growth of the plants was strongly stimulated after infection was realized at 21/26°C and 16/21°C, but a parasitic decrease ($P < 0.05$) of growth could be observed on the 8th week at 11/16°C. Spore production curves followed very closely the growth enhancement curves of inoculated plants and the final spore production per plant was 2600, 1800 and 50 for the 21/26°C, 16/21°C, and 11/16°C regimes, respectively.

---

[1] Thesis submitted by V. Furlan in partial fulfilment for the D.Sc. degree at Laval University.

Introduction

During the last ten years, following Mosse's (1953, 1956) pioneer work, the biology of the species of *Endogone* forming vesicular-arbuscular mycorrhizae has retained an increasing attention (Gerdemann, 1968; Nicolson, 1967; Harley, 1969). The role of endomycorrhizae in the mineral nutrition of plants has been stressed among others by Baylis (1959), Daft and Nicolson (1966), and Safir, Boyer and Gerdemann (1971, 1972). Several authors have reported on the impact of endomycorrhizal fungi on the growth of important crops such as grape-vine (Deal, 1972; Possingham, 1971), maize (Gerdemann, 1964), tomatoe (Daft and Nicolson, 1966), soybean (Ross, 1971; Ross and Harper, 1970; Schenck and Hinson, 1971), citrus (Marx, Bryan and Campbell, 1971) and also of forest trees such as maple (Kessler, 1972; Medve, 1971), yellow poplar and ash (Clark, 1969). This symbiotic association, which is also of general occurrence in wild plants, is most probably playing an important role in their mineral nutrition in the natural environment, where the availability of nutrients is often low. However, the precise chronology of the development of vesicular-arbuscular mycorrhizae has never been determined experimentally.

Different species of *Endogone* have different effects on a given plant species in a given type of soil (Mosse, 1972). It is therefore essential to identify precisely the species used in any experiment. In this work, *Endogone calospora* Nicolson and Gerdemann was used exclusively. In the current state of knowledge, mycorrhizal-forming *Endogone* species are behaving as obligate symbionts, and cultures to reproduce these organisms must be done with vascular plants inoculated *with Endogone* spores. Studies on the development and the life cycle of *E gone* spp., experiments on the siological impact of the associ studies on the ecological conditio fecting the development of the biosis, all require an experiment up where symbionts are cultivate gether. The method usually emp involves the use of steam-ster soil contained in 10-15 cm pots, are placed on greenhouse bench such a way that the fungus c grow from one pot to another more, 1968; Clark, 1969). Howeve use of pots takes up much space greenhouse conditions are not reproducible. While studying the of temperature on the formation c domycorrhizae, we have tried to come some of the limitations of ing methods by using growth c bers throughout our experiments, cultivating material in styro blocks.

The present study is therefore cerned with the chronology of th velopment and reproduction of mycorrhizae on onion by *E. calos* under controlled and reproducible ditions of light, humidity and te rature. Three regimes of temper were experimented.

Materials and methods

Onion plants (*Allium cepa* L "Autumn spice"), were g nated in vermiculite moistened the Long Ashton solution (H 1966), and subsequently irrigated distilled water. Germination took ce in growth chambers. Temper during the 11-hour night period 16±1°C, and during the 13 light period 21±1°C. The ligh tensity was maintained at 10,00 and the relative humidity above 75

To prepare the inoculum, soil collected under pure stands of *P*

dentata Ait. growing in a sandy
:urlan and Fortin, 1972). Spores
:*alospora* (from the 105 to 149μ
ı) were collected by wet sieving
mann, 1955, 1961) and massi-
ıoculated on onion plants. Ten
; later, large amounts of spores
be collected by the same proce-
nd isolated in Ringer's solution
they were kept at 4°C until
ıtion (80 days later). They were
ırface-sterilized by chloramine T
treptomycine, as described by
(1962).

horn's styroblocks, obtained from
Plastics Ltd. (12806,63rd Street,
ton, Alberta), were used as
g containers. The styroblocks,
of polysterene foam, are 35 cm
13 cm wide, and 18 cm high.
obconical cavities, 15 cm in
by 3.8 cm in diameter at the
are distributed regularly in
ıock. Each cavity tapers down
cm at the bottom ends with a
wide draining hole. Before plan-
ıd inoculating, each cavity was
vith a homogeneous mixture of
nd garden soil in a ratio of 3
nd a small foam plug was used
vent loosing soil through the
ıe hole. Soil mixtures had been
sterilized during 24 hours, at
0 day before they were used.
a cylindrical depression, 1 cm
nd 5 cm deep, was made in
l of each cavity, and 20 surface-
ıd spores were therein transfer-
ıally, a vigorous 14 day-old onion
g was planted and the soil care-
essed to insure full contact of
ts with the soil.

ıation was performed in growth
ırs under the same conditions
se used for germinating the
however, three different re-
of night/day temperature
ısed: 1) 11/16°C, 2) 16/21°
l 3) 21/26°C. For each temperature regime, two different treatments were applied: control seedlings with bone meal and without inoculum (treatment C), and inoculated seedlings with bone meal (treatment I). They were irrigated once a week with 10 ml of half-strength Long Ashton solution, minus phosphorus.

Every other week starting with the 2nd week, 6 cavities from treatment C and 12 cavities from treatment I, for each temperature, were emptied, except that for the 16/21°C regime plants were harvested every week. Shoots and roots of six seedlings in each group were severed and their dry weights measured, after drying for 48 hours at 65°C. The remaining seedlings and soils (6) of treatment I from all temperatures were kept for microscopical examination and measurements of percentages of infection. The soil was wet-sieved as described previously, and the fraction between 74 and 149μ was examined for the presence of white (young) spores, and of yellow and yellow brown mature spores. For measuring the percentage of infection, the root systems were lightly washed with running tap water, setted on a board so that the individual roots ran parallel to each other, and cut at every centimeter. The hundreds of segments thus obtained were placed in a 1000 ml beaker containing 750 ml of water and submitted to a mechanical agitation. At least one hundred segments were randomly sampled, using a small net.

Fixation and coloration were immediately performed as described by Schenck (1971), with some modifications. The segments, placed in the acid fuschin-lactophenol mixture, were heated for 10 minutes and finally mounted in 100% glycerol. We used glycerol instead of lactophenol to avoid not only dessication but also loss of colour. The root samples from each

treatment were mounted on five microscope glass slides, 20 at a time, making sure that the segments were parallel to each other on a single row. Microscopic examination was made under a 100 x magnification, selecting 5 points of observation on each segment at every 2 mm. A given point was considered as infected when there was at least one cell containing fungal material in the optical field (150μ in diameter). Five hundred points were observed and used to determine the percentage of infection for each treatment. While determining the percentage of infection, observations were also made on the presence of arbuscules and vesicles.

Results

THE PROCESS OF INFECTION

After two weeks of incubation at 16/21°C, 58 spores were recovered from 6 inoculated root systems, representing a 48% recovery (Table I); this number remained constant on the third and fourth weeks, dropping thereafter to reach 13 spores for 6 plants representing a 11% recovery after 7 weeks. From the 8th week onwards, the numbers of spores recovered started to increase, and by the 11th week it was already above the initial level of recovery.

At the higher temperature regime (21/26°C), observations were made only on the second, fourth, and eight weeks. A slight drop in the percentage of recovery could be observed between the second and fourth weeks, and on the eight week the number of spores had started to increase. The percentage of recovery could have dropped in the meantime. At the lowest temperature regime (11/16°C), the number of spores remained almost constant during the first eight weeks; no drop in spore number could be observed.

TABLE I

Number of spores recovered from mycorrhizal onion plants under three night/day temperature regimes[1].

Week	*11/16°C*	*16/21°C*	*21/26°C*
2	41	58	46
3	—	60	—
4	39	55	36
5	—	21	—
6	—	26	—
7	—	13	—
8	47	20	85
9	—	—	—
10	56	39	320
11	—	136	—
12	66	230	5630
13	—	576	—
14	303	1510	15950
15	—	2250	—
16	—	9760	—
17	—	10950	—

[1] Each figure represents the total number of spores recovered from six plants.

The onset of infection is indicated on the curves (Fig. 1) by the end of a lag period and the beginning of a logarithmic phase; at 21/26°C it took place around the fourth week, that is after a one month lag period. At 16/21°C the lag period lasted about six weeks, whereas at 11/16°C the onset of infection did not start until the eight week.

The intensity of infection varied with the treatments. It was very high (about 73% and 82%) for the medium and high temperatures (Figs. 1b,1c). At the lower regime (11/16°C), on the other hand, the percentage of infection leveled off around 11% (Fig. 1a), even if the plants were still growing (Table II).

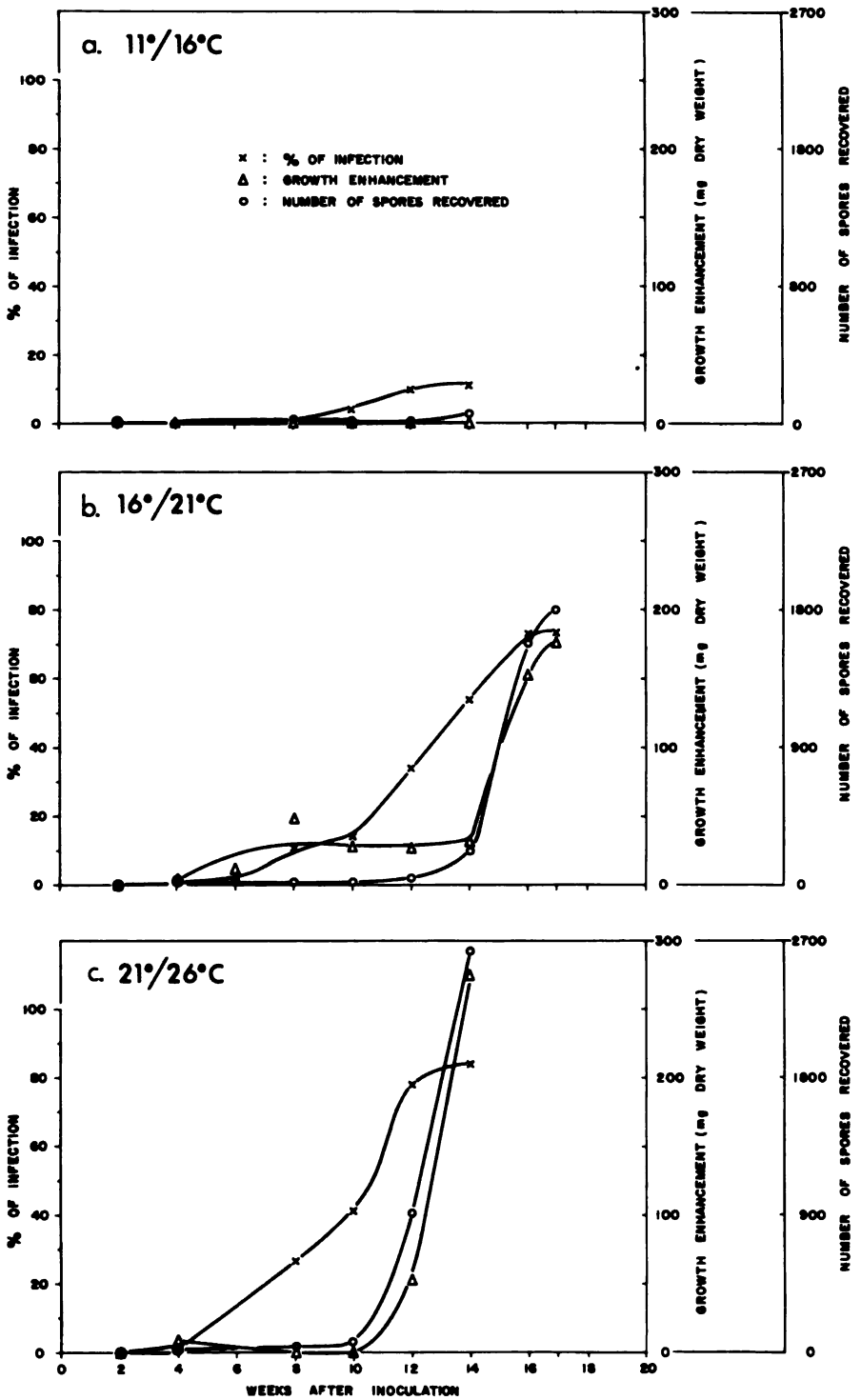


Figure 1. Development of endomycorrhizae on onion plants inoculated with *Endogone calospora* and vated under three regimes of temperature. a. 11/16°C, b. 16/21°C, c. 21/26°C.

TABLE II

Dry weight (mg) of onion plants under three night/day temperature regimes. M: mycorrhizal; N-M non mycorrhizal (controls)

Weeks after inoculation	*11/16°C*		*16/21°C*		*21/26°C*	
	M	N-M	M	N-M	M	N-M
2	23	24	17**	12	27	31
3	—	—	33*	22	—	—
4	41	46	39	35	61	54
5	—	—	48	45	—	—
6	—	—	60	48	—	—
7	—	—	96*	59	—	—
8	98	118*	116**	67	97	117
9	—	—	—	—	—	—
10	136	168	105*	76	123	147
11	—	—	124	112	—	—
12	169	176	134	108	214	161
13	—	—	171	129	—	—
14	199	203	153	122	440**	166
15	—	—	231**	113	—	—
16	—	—	286*	134	—	—
17	—	—	327**	149	—	—

[1] Each figure represents the mean for six plants (shoots plus roots).
* significant difference (5% probability level).
** very significant difference (1% probability level).

MORPHOLOGY OF THE FUNGUS

The intramatricial mycelium was about 5μ wide on the average, and was generally running tangentially, passing from one cell to another through the cell walls forming an appressorium-like structure (Fig. 2). Comb-like hyphae showing radially oriented teeth or pegs were frequently observed (Fig. 3). Occasionally one of these pegs extended radially. The arbuscules appeared very soon during the infection process; they were observed for the first time after the fourth week at 16/21° C.

Intramatricial vesicles were abundant (Fig. 4), especially at the 16/21°C regime where they appeared after 11 weeks, just before the massive production of spores (Fig. 1b). These *structures* were less numerous at 21/26°C and absent at 11/16°C. Roo from uninoculated plants were compl tely free from mycorrhizal infection

Extramatricial vesicles were observ on all inoculated plants. They we very typical of *E. calospora*. At 1 21°C they appeared one week aft the first arbuscules and before the rap increase in the number of spores. 11/16°C they were not observed b fore the tenth week, whereas at 2 26°C arbuscules appeared on t eight week.

SPORE PRODUCTION

The first newly-formed spor appeared around the eight, tenth a twelfth week for the high (2 26°), medium (16/21°C), and l (11/16°) temperature regime, respe tively (Table 1). Thus, there was a del

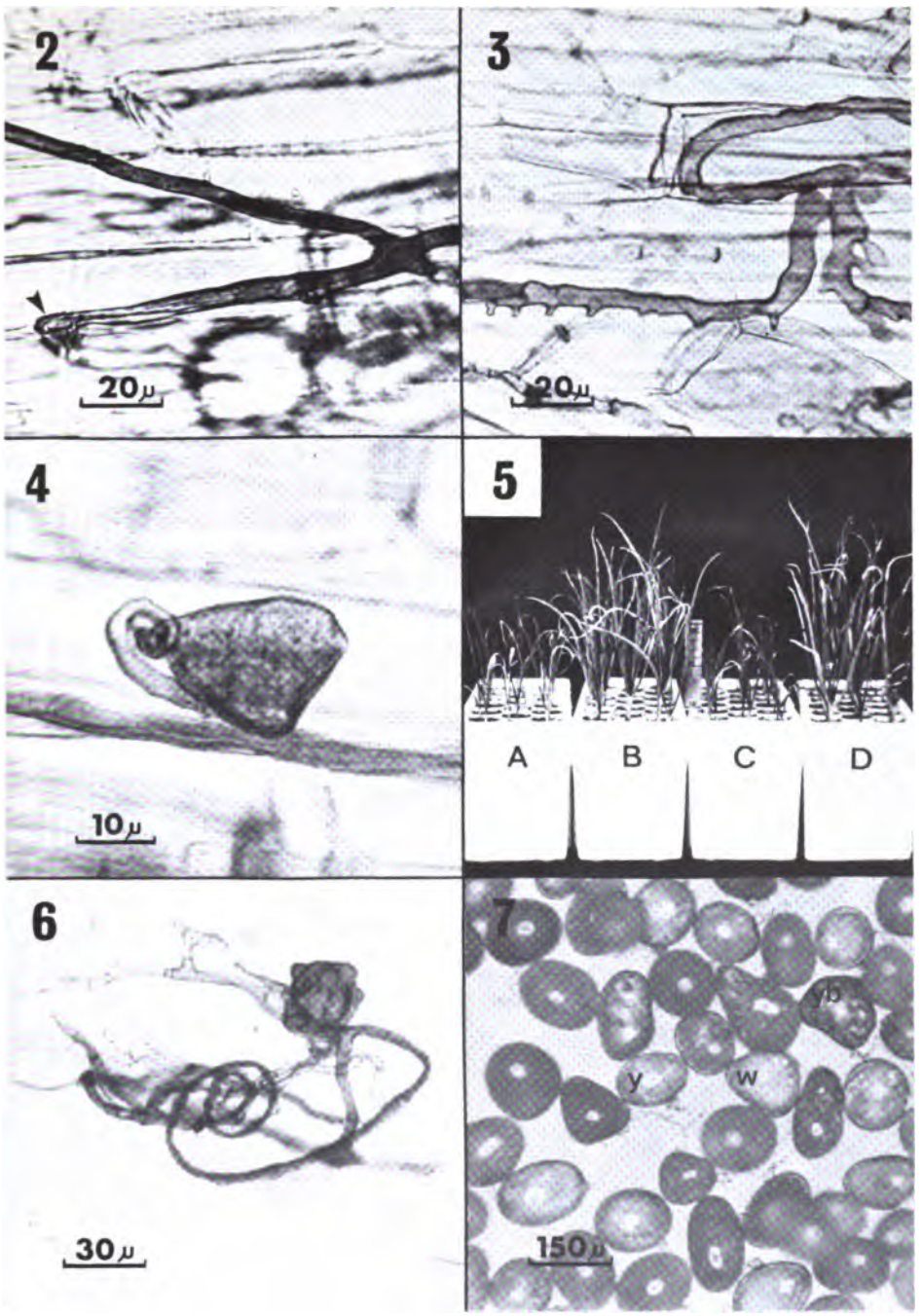


Figure 2. Hypha of *Endogone calospora* showing an appressorium. Figure 3. Intramatricial celium of *Endogone calospora* showing the comb-like hyphae. Figure 4. Intramatricial vesicle formed by dogone *calospora*, showing the helial suspensor. Figure 5. Onion plants grown in styroblocks. A. inoculated control grown at 16/21°C (17 weeks). B. Inoculated plants, grown at 16/21°C (17 weeks). C. culated plants grown at 11/16°C (14 weeks). D. Inoculated plants grown at 21/26°C (14 weeks). Figure 6. tramatricial vesicle of *Endogone calospora*. Figure 7. Spores of *Endogone* calospora produced on ions. W = white (young), Y = yellow, YB = yellow brown (mature).

of about four weeks between the beginning of infection and the moment at which spores began to appear in significant amounts.

Some young spores were small but most of them had reached the average size of mature ones (Fig. 7). Their content was milky and opaque with very numerous oil droplets. With time, these young spores became yellow and yellow and yellow brown. Gradually the oil droplets increased in size and diminished in number due to their coalescence. The maximum number of spores formed was obtained with the highest temperature used (21/26°C), where an average number of 2600 spores were collected from each mycorrhizal onion plant at the end of the experiment, fourteen weeks after inoculation. At 16/21°C, the largest crop of spores was obtained three weeks later and it was smaller, averaging about 1800 spores per plant. The experiments ended before the maximum number of spores could be obtained, especially at 21/26°C (Fig. 1c). At both these temperature regimes, the chronology of spore production followed very closely that of the growth enhancement of the host plant. At 11/16°C, spore production was less than 50 per plant at the end of the experiment, this again correlating with the absence of growth enhancement of inoculated plants (Table II). A few sporocarp-like structures were observed (Furlan and Fortin, 1972).

DRY WEIGHT OF THE HOST PLANTS

When harvested, the inoculated plants were obviously healthier and larger than the controls except at 11/16° C (Fig. 5). Their root systems had the yellow color typical of endomycorrhizal root systems, whereas they were white in the controls.

The dry weights of the inoculated and control plants have been compared *(Table II). At the* low temperature regime, the growth was slow and a end of experiment (14 weeks) the culated plants were not signific different from the controls. How on the eighth week the weights o inoculated plants were signific smaller than the controls.

At 16/21°C, the growth hancement started on the seventh w but became much larger after the teenth week; at this moment, th fection percentage began to leve (Fig. 1b).

The 21/26°C treatment (Tabl Fig. 1c) shows that the growth hancement of host plants began the tenth week, later than in the 21°C treatment. Here, the begin of growth enhancement is close t inflection point of the infection c At the end of the experiment, dry wei were 2.5 times larger in the tre plants than in the controls.

Discussion

CHRONOLOGY OF INFECTION

The decrease in the percentag spores recovered in the first w after inoculation (Table I) is inte ted as the result of spore germin since it is concomitant with the b ning of infection, especially at 21°C. At 21/26°C, where fewer servations were made, it is that germination occurred rapidly ween the fourth and the eighth w Whether temperature acts directl the spores, or indirectly throug effects on the growth of the plan both, has not been determined.

The infection process follows a tern that can be represented by a sig curve. It has been determined precisely at 16/21°C, but ap to have essentially the same sha 11/16°C and at 21/26°C 1). At 16/21°C, infection starts a five weeks after inoculation and

rather low until the eighth week; this is considered as the lag phase of infection process. Then follows a rapid exponential increase in the percentage of infected roots. On the 16th week the percentage of infected roots reaches a plateau at 73%. Decreasing the temperature has an effect on each of the components of this sigmoid curve; thus the lag period is lenghtened, the rate of infection is reduced, and the level of the plateau is very low remaining around 11%. On the contrary, increasing the temperature reduced the length of the lag period, increased the rate of infection, and the level of the plateau reached 82%.

MORPHOLOGY OF THE FUNGUS

The identity of the species used in these experiments does not make any doubt. It has all the characters of *E. calospora.* No contaminating species could be seen in any treatment including the control plants.

The observation of intramatricial vesicles (Fig. 4) was somewhat enigmatic, since the description of that species (Nicolson and Gerdemann, 1968; Gerdemann, 1971) does not mention their existence. The appressorium-like structures (Fig. 2) observed at the points of penetration of hyphae into a cell had already been observed, but not too well illustrated. The comb-like hyphae (Fig. 3) were very abundant. The only mention of that structure is in Mosse (1973); in our experiments, however, they were much more proeminent. The pegs are interpreted as ramifications of hyphae tentatively penetrating the cell wall to invade the inner cortex, and/or to give rise to extramatricial mycelium. The observation of the young spores (Fig. 7) is worth mentioning. It seems that the age of the spores can be deduced from the number and size of the oil droplets that they contain: Indeed the younger *spores have* a large number of very small oil droplets, whereas the older ones have a small number of large drops. That explains the milky white colour of young spores, older spores being yellow and later yellow brown.

Arbuscules were somewhat difficult to observe with the technique used; it was obvious, however, that they form very early during the infection process. This is consistent with the role which is usually attributed to them in the nutrition of the fungus (Boullard, 1968). The extramatricial vesicles were abundant and very characteristic of *E. calospora*, the helial hyphal suspensor showing clearly (Fig. 6). Their physiological role, if any, is yet to be determined.

REPRODUCTION OF THE FUNGUS

At 16/21°C, spore production follows a sigmoid curve comparable to that representing the process of infection. Its lag phase is much longer than that of infection, and it ends when the infection process is near completion. Then follows a very rapid exponential phase ending with the beginning of a plateau. An average of about 1800 spores were produced by each inoculated plant. Lowering the temperature reduced the production of spores very strongly. This is probably a consequence of a reduced infection, as well as a direct effect of the temperature on the sporulation process. Increasing the temperature, on the other hand, had a stimulating effect on reproduction. The lag period of the curve was shortened and the rapid exponential phase of spore production was observed at least three weeks earlier than at 16/21°C. The maximum number of spores produced by each plant at the end of the experiment was about 2600, and the plateau had not been reached yet. It could be that a further increase in temperature would result in a further increase of the rate of spore production.

At all regimes of temperature the exponential part of the curve representing spore production is about concomitant with the beginning of the plateau in the curve representing the process of infection. In other words, the rate of spore production is maximum as the process of infection is near completion. One most interesting fact that was observed about spore production is that its rate follows very closely the weight enhancement which can be attributed to endomycorrhizae in the host plants.

EFFECTS ON THE GROWTH OF HOST PLANTS

At 11/16°C the non-mycorrhizal plants were consistently larger than the inoculated plants although the difference was not generally significant, except on the eighth week where it was significant at the level of $P<.05$. This would imply that, at low temperatures, *Endogone calospora* produces parasitic effects in the host plants.

At 16/21°C inoculated plants were always larger than the controls, whereas at 21/26°C there were some cases where the inoculated plants were smaller than the non-inoculated ones although the difference was not significant. However the soil used in this experiment was rather poor and could be replaced by a more fertile combination.

Conclusion

The method used here has proved to be very useful for basic studies on endomycorrhizae, conducted in growth chambers. The choice of onion plants and styroblock containers permit to make maximum use of growth room space, since it is possible to cultivate up to 400 individually inoculated plants per square meter of floor space at a time. Another advantage of this method is to permit to study rigorously the life cycle of the endomycorrhizal fungus under reproducible conditions.

The results obviously showed that to obtain maximum infection, number of spores, and growth enhancement a high temperature (21/26°C) regime is necessary. It could be that still higher temperatures would lead to even more rapid rates of infection and larger spore production and growth enhancement of the host plants, whereas temperatures of 11/16°C and lower could not only prevent growth enhancement but induce a parasitic diminution of growth. This parasitic effect deserves further studies.

Acknowledgements

This work was supported in part by the National Research Council of Canada and in part by the Quebec Agricultural Research Council. We wish to thank Dr. J.W. Gerdemann for identifying the original spore collection that was used in these experiments. We wish to express our appreciation to Dr. Pierre Morisset for his comments and suggestions in reviewing this manuscript. We gratefully acknowledge the technical assistance of Mr. Pierre Galibois.

References

BAYLIS, G.T.S., 1959. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas on growth of *Griselinia littoralis (Cornaceae)*. *New Phytol.*, 58:274-280.

BOULLARD, B., 1968. Les mycorrhizes. Masson et Cie, Paris, 135 p.

CLARK, B.F., 1969. Endotrophic mycorrhizal infection of tree seedlings with *Endogone* spores. *Forest Sci.*, 15: 134-137.

DAFT, M.J. and T.H. NICOLSON, 1966. Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth. *New Phytol.*, 65 : 343-350.

DEAL, D.R., C.W. BOOTHROYD, and W.F MAI, 1972. Replanting of vineyards and its relationship to vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Phytopathology*, 62: 172-175.

FURLAN, V. et J.-A. FORTIN, 1972. Première mention de l'*Endogone calospora* au Québec. *Naturaliste can.*, 99: 127-129.

GERDEMANN, J.W., 1955. Relation of a large soil-borne spore to phycomycetous mycorrhizal infections. *Mycologia*, 47: 619-632.

GERDEMANN, J.W., 1961. · A species of *Endogone* from corn causing vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Mycologia*, 53: 254-261.

GERDEMANN, J.W., 1964. The effect of mycorrhiza on the growth of maize. *Mycologia*, 56: 342-349.

GERDEMANN, J.W., 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *A. Rev. Phytopathol.*, 6: 397-418.

GERDEMANN, J.W., 1971. Fungi that form the vesicular-arbuscular type of endomycorrhiza. p. 9-18 *In*: E. Hacskaylo (Ed.), Mycorrhizae. *Misc. Publs U.S. Dep. Agric.*, No. 1189, 255 p.

GILMORE, A.E., 1968. Phycomycetous mycorrhizal organisms collected by open-pot culture methods. *Hilgardia*, 39: 87-105.

HARLEY, J.L., 1969. The biology of mycorrhiza, 2nd ed. Leonard Hill, London, 334 p.

HEWITT, E.J. 1966. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Technical communication No. 22 (2nd ed., revised). Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 547 p.

KESSLER, K.J. and R.W. BLANK, 1972. *Endogone* sporocarps associated with sugar maple. *Mycologia*, 64: 634-638.

MARX, D.H., W.C. BRYAN and W.A. CAMPBELL, 1971. Effect of endomycorrhizae formed by *Endogone mosseae* on growth of *Citrus*. *Mycologia*, 63: 1222-1226.

MEDVE, J.R., 1971. Anatomical study of the endotrophic mycorrhizae of *Acer rubrum*. *Bull. Torrey Bot. Club*, 98: 41-45.

MOSSE, B., 1953. Fructifications associated with mycorrhizal strawberry roots. *Nature*, 171: 974.

MOSSE, B., 1956. Fructifications of an *Endogone* species causing endotrophic mycorrhiza on fruit plants. *Ann. Bot.*, 20: 349-362.

MOSSE, B., 1962. The establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza under aseptic conditions. *J. gen. Microbiol.*, 27: 509-520.

MOSSE, B., 1972. The influence of soil type and *Endogone* strain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soils. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 9: 529-537.

MOSSE, B., 1973. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorhiza. IV. In soil given additionnal phosphate. *New Phytol.*, 72: 127-136.

NICOLSON, T.H. 1967. Vesicular-arbuscular mycorrhiza – A universal plant symbiosis. *Sci. Prog., Oxf.*, 55: 561-581.

NICOLSON, T.H. and J.W. GERDEMANN, 1968. Mycorrhizal *Endogone* species. *Mycologia*, 60: 313-325.

POSSINGHAM, J.V. and J. GROOT OBBINK, 1971. Endotrophic mycorrhiza and the nutrition of grape vines. *Vitis*, 10: 120-130.

ROSS, J.P. 1971. Effect of phosphate fertilization on yield of mycorrhizal and nonmycorrhizal soybeans. *Phytopathology*, 61 : 1400-1403.

ROSS, J.P. and J.A. HAPPER, 1970. Effect of *Endogone* mycorrhiza on soybean yields. *Phytopathology*, 60: 1552-1556.

SAFIR, G.R., J.S. BOYER and J.W. GERDEMANN, 1971. Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Science*, 172: 581-583.

SAFIR, G.R., J.S. BOYER and J.W. GERDEMANN, 1972. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant Physiol.*, 49: 700-703.

SCHENCK, N.C. and K. HINSON, 1971. Endotrophic vesicular-arbuscular mycorrhizae on soybean in Florida. *Mycologia*, 63: 672-675.

Naturaliste can., 100 : 479-492 (1973)

DIVISIONS NUCLÉAIRES, SEPTATION ET RAMIFICATION CHEZ L'HAPLONTE DE *POLYPORUS ARCULARIUS* (BATSCH) EX FR.

Gérard VALLA[1]

Département de biologie végétale 405 Université Lyon I,
Laboratoire de mycologie associé au C.N.R.S.
43 Boulevard du 11 Novembre 1918, F69621 Villeurbanne, France

Résumé

Ce travail a pour objet l'étude "in vivo" du comportement des articles apicaux multinucléés dans les mycéliums haplontiques de ce polypore. Chez les articles apicaux "jeunes" la vitesse de croissance et le nombre de noyaux augmentent, alors que chez les articles apicaux "adultes" ces deux paramètres demeurent pratiquement constants. Les divisions nucléaires et la septation sont deux phénomènes rythmés. Les mitoses n'étant pas complètement synchrones, ceci se traduit dans l'article apical par une vague de divisions nucléaires centrifuge. La septation est au contraire un phénomène centripète. A la base de l'article apical certains noyaux ne se divisent pas. Les modifications périodiques apportées aux principales caractéristiques de l'article apical obéissent à des règles précises. La naissance d'une ramification n'a pu être associée à la division nucléaire mais sa croissance est fonction de son équipement en noyaux. L'auteur, après avoir envisagé les problèmes posés par l'installation puis le maintien de l'état multinucléé dans les articles apicaux, discute les propriétés qui semblent liées à cette structure: synchronisme règional des divisions nucléaires, naissance des ramifications exclusivement sur l'article apical. L'observation prolongée des hyphes en croissance et des phénomènes nucléaires s'y déroulant a pu être réalisée grâce à de nouvelles chambres de culture.

Abstract

The purpose of the present investigation is to observe living hyphal tip cells in homocaryotic mycelium of this Polyporus. In the "young" hyphal tip cells elongation rate and nuclear number increase, but in the "adult" hyphal tip cells these two parameters remain almost constant. Nuclear divisions and septations are two rhythmic phenomenons coordinated in time. Mitosis are not entirely synchronous: they start at the rear of the tip cell and pass in a wave from there to the tip of the cell. Septa appear in a basipetal sequence. Nuclei located at the base of the tip cell do not divide. The periodic changes of the main hyphal tip cells parameters follow well definite rules. In apical tip cells, lateral branches initiation is not associated with the nuclear divisions, but their growth is function of nuclei number entering from parent hyphal tip cell. The author envisages the problem of the multinucleate condition establishment and maintenance, and he discusses the proprieties which seem associated to this structure: limited synchronism of nuclear divisions and lateral branching confined exclusively to hyphal tip cells. Culture chambers of a new model allow a long observation of growing hypha and of their nuclear phenomenons.

---

[1] Avec la participation de Yvette Bastouill collaboratrice technique au C.N.R.S.

Introduction

L'appareil végétatif de nombreux champignons est constitué de filaments ramifiés, les hyphes dont la croissance en longueur est strictement apicale (Reinhardt 1892, Ternetz 1900, Smith 1923, 1924, Cochrane 1958, Dorn et Rivera 1966, Larpent 1966, Marchant et Smith 1968, Strunk 1968). Cet allongement est associé à une structure particulière de l'apex (Girbardt 1957, 1969, Grove, Bracker et Morre 1968, 1970, Grove et Bracker 1970) et à une différenciation cytologique et fonctionnelle de l'article apical (Zalokar 1959). Ce dernier chez de nombreuses espèces est multinucléé.

L'étude du comportement des noyaux dans ces articles n'a fait l'objet que de quelques travaux. Les espèces étudiées sous cet angle sont encore peu nombreuses et parmi elles ne se trouve aucun Hyménomycète. Dans les articles apicaux d'*Aspergillus nidulans* (Clutterbuck 1970), *Penicillium cyclopium* (Rees et Jinks 1952), *Fusarium oxysporum* (Koenig et Howard 1962) et *Alternaria solani* (King et Alexander 1969) les divisions nucléaires ne sont pas tout à fait synchrones: la vague de divisions va de l'apex vers la partie distale de l'article, elle est suivie de la mise en place d'une série de cloisons. Ces cycles de divisions-septation se répètent à intervalles de temps assez réguliers. Par ailleurs il est remarquable que la zone apicale des hyphes, lieu d'incorporation du nouveau matériel membranaire, soit souvent dépourvue de noyaux, ceux-ci se situant plus en arrière (Zalokar 1959, King et Alexander 1969). Les rapports entre la position des noyaux et l'allongement de l'hyphe et, de manière plus générale, entre l'état multinucléé et la croissance de l'hyphe, restent à élucider.

Le rôle du noyau dans la ramification est mal connu aussi. Il semble se réduire *à la fourniture* au cytoplasme des informations nécessaires aux synthèses d'enzymes relativement banales (Larpent sous presse). La naissance d'une ébauche latérale est-elle la conséquence d'une orientation nouvelle du fuseau mitotique? Est-elle liée à la position des noyaux de l'axe principal? De quelle manière ceux-ci interviennent-ils lors de la croissance de la ramification?

Ce travail a été entrepris pour nous permettre de répondre à ces questions. Les techniques d'observations vitales, ayant jusqu'alors donné les résultats les plus intéressants (King et Alexander 1969, Clutterbuck 1970), ont été reprises et améliorées. Elles sont appliquées ici pour la première fois à l'étude des mycéliums multinucléés haplontiques d'un champignon Hyménomycète *Polyporus arcularius* (Batsch) ex Fr.

Matériel et techniques

La souche Ly AD 892 de *Polyporus arcularius* (Batsch) ex Fr. nous a été obligeamment fournie par A. David[2].

Ce polypore est tétrapolaire (Vandendries 1936) et son mycélium a un comportement hétérocytique (David et Romagnesi 1972): la spore ne renferme qu'un seul noyau et donne naissance à un tube germinatif multinucléé; ce dernier se développe ensuite en un mycélium haplontique à articles multinucléés. Les articles du diplonte sont binucléés et pourvus d'anses d'anastomose. Nos observations portent sur deux haplontes compatibles: le 892-6 et le 892-9.

Les mycéliums sont entretenus sur le milieu suivant: extrait de malt: 8 g, glucose Massé: 7 g, hydrolysat de caséine Fluka: 1 g; asparagine: 0,5 g; phosphate

---

[2]Développement de biologie végétale, Université Lyon 1, Laboratoire de mycologie associé au C.N.R.S., 43 Bd du 11 Novembre, 69621 Villeurbanne — France.

monopotassique: 0,5 g; sulfate de magnésium: 0,5 g; agar: 10g; eau distillée: 1000 ml.

Les boutures sont prélevées sur des cultures en boite de Pétri de 10 cm, maintenues à 25° ± 1°C et à la lumière. Des fragments de la marge du thalle, prélevés stérilement, sont portés sur des lames nutritives d'un modèle nouveau. Le milieu employé est dérivé du précédent: il en diffère par addition d'un ml d'un complexe vitaminique[3] et substitution de l'agar par de la gélatine (16%).

Ces lames nutritives sont des petites chambres de culture. Dans des lames de verre rectangulaires (70 × 40 mm), épaisses de 3 mm, est creusé un sillon circulaire de 5 mm de large sur 2 mm de profondeur. Il limite un plateau central de 27 mm de diamètre sur lequel est étalé 0,1 ml de milieu gélatiné, stérile (fig. 1).

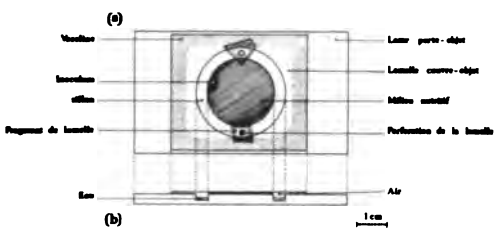


Figure 1. Chambre de culture vue par dessus (a) et en coupe longitudinale médiane (b).

Après dépôt de l'inoculum en bordure du plateau central, l'ensemble est recouvert d'une lamelle couvre-objet de 38 × 45 mm, perçée au niveau de la couronne de 2 trous diamétralement opposés. Lorsque le milieu nutritif s'est solidifié, le sillon est à moitié rempli d'eau distillée stérile, l'espace restant étant occupé par l'air. Deux fragments de lamelle enduits de vaseline obtureront finalement les deux orifices (fig. 1).

Les chambres de culture ensemencées sont placées 16 heures à la lumière et, suivant l'expérience, à 26 ou 27°± 1°C. Les observations sont effectuées ensuite à la même température avec un microscope Zeiss, équipé du contraste de phase et d'un condensateur IV Z/7. Sur le trajet des rayons lumineux, entre la source et la préparation, est interposé un filtre anticalorifique Zeiss. L'optique utilisée est la suivante: oculaires Kpl 10, objectif achromatique Ph 2 40/0.65. Les mesures sont effectuées avec un micromètre oculaire Kpl 12.5

Observations

LE MYCELIUM HAPLONTIQUE DE POLYPORUS ARCULARIUS (BATSCH) EX FR.

Toutes les hyphes des cultures haplontiques de ce champignon présentent le même schéma d'organisation: un article apical long donnant naissance aux ramifications, suivi d'articles intercalaires courts. La largeur de l'hyphe varie entre 3 et 6 μ suivant l'âge de la culture.

L'article apical

Description: La structure de l'apex semble très voisine de celle décrite chez *Rhizoctonia solani* et *Armillaria mellea* par Grove et Bracker (1970). En contraste de phase le "Spitzenkörper" parait sombre et occupe l'extrémité de l'hyphe. Le cytoplasme d'abord très clair derrière le corps apical devient ensuite plus sombre. Le premier noyau ne s'observe qu'à 48-75 μ de l'apex.

En arrière de cette région apicale, sur 210-320 μ, le cytoplasme très homogène est riche en noyaux souvent contigus les uns aux autres.

A cette zone succède alors sur 240-350 μ une région de densité nucléaire de plus en plus faible. Les premières vacuoles

[3]Thiamine 10 mg, riboflavine 4 mg, nicotiamide 40 mg, pyridoxine 4 mg et panthénol 6 mg, utilisés sous forme de dilution (1 ampoule de 2 ml dans 25 ml d'eau) et commercialisés sous le nom de Bécozyme Roche.

apparaissent. Le cytoplasme est cependant encore plus abondant que le vacuome. Ensuite sur 360-600 μ le vacuome prédomine et rejette le cytoplasme et les noyaux contre la paroi. La région distale de l'article apical est occupée par une grande vacuole qui se développe en même temps que l'hyphe s'allonge entre deux séries de septations. A ce niveau les noyaux dispersés sont remarquables par leur nucléole très réfringent.

L'observation des noyaux tout le long de l'article apical révèle quelques différences morphologiques. Les noyaux les plus apicaux sont piriformes. Ce sont les plus gros: 5-7 $\mu \times$ 2-3 μ. Un nucléole sombre, sphérique occupe le centre du nucléoplasme clair et homogène. Dans la partie moyenne les noyaux sont en général plus petits, 3-5 μ, et sphériques. Quant aux noyaux distaux, il est souvent impossible d'en distinguer le nucléoplasme. Leur nucléole très réfringent permet de les repérer facilement.

Croissance: L'observation sur les articles apicaux des ébauches latérales, dont la distance à la cloison demeure constante pendant tout leur développement, indique que la croissance des mycéliums haplontiques de *P. arcularius* est strictement localisée aux 40 premiers microns de ces articles.

L'étude de la croissance de l'article apical et des phénomènes qui l'accompagnent, (vitesse d'allongement; nombre de noyaux; ramification) nous a amené à distinguer dans nos conditions expérimentales deux types de comportement: celui des articles apicaux «*jeunes*» qui se dégagent de l'implant et n'ont subi qu'une seule septation (culture âgée de 20 heures au plus), et celui des articles apicaux «*adultes*» chez lesquels les séries de septations ont été nombreuses (culture âgée de plus de 36 heures).

Les articles apicaux «jeunes» montrent une augmentation souvent régulière de leurs principales caractéristiques cellulaires: vitesse de croissance; longueur et nombre de noyaux. A 26° ± 1°C, pendant une observation de 10 heures, la vitesse de croissance passe de 2,6 à

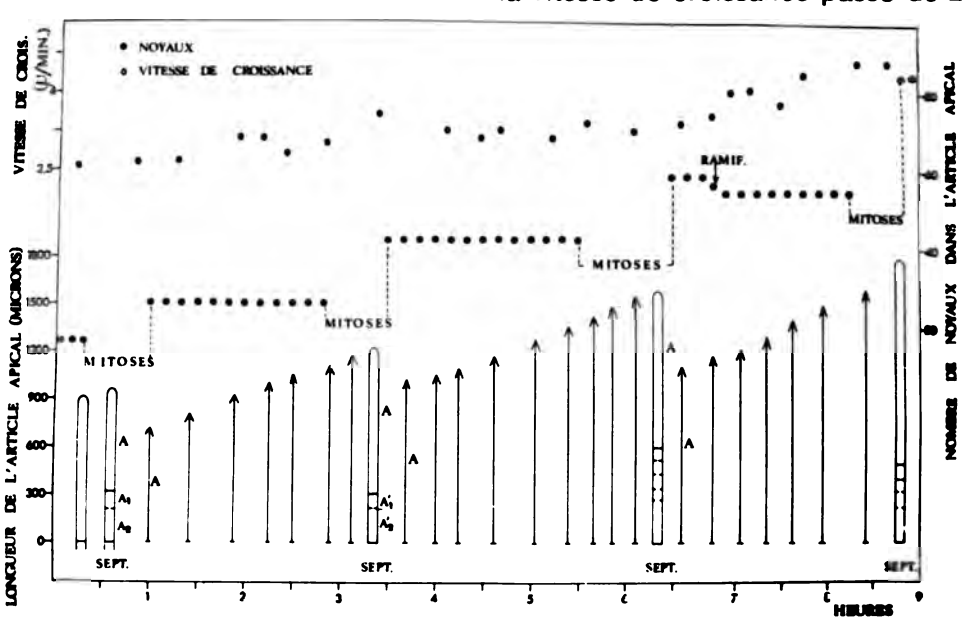


Figure 2. Article apical «jeune» (culture âgée de 16 heures) du mycélium haplontique: longueur, vitesse de croissance et nombre de noyaux en fonction du temps. Les observations relatives à la 10 ième heure ne modifiant ni le nombre de noyaux, ni la vitesse de croissance n'ont pas été figurées. Sept., *septation. Ramif.*, ramification.

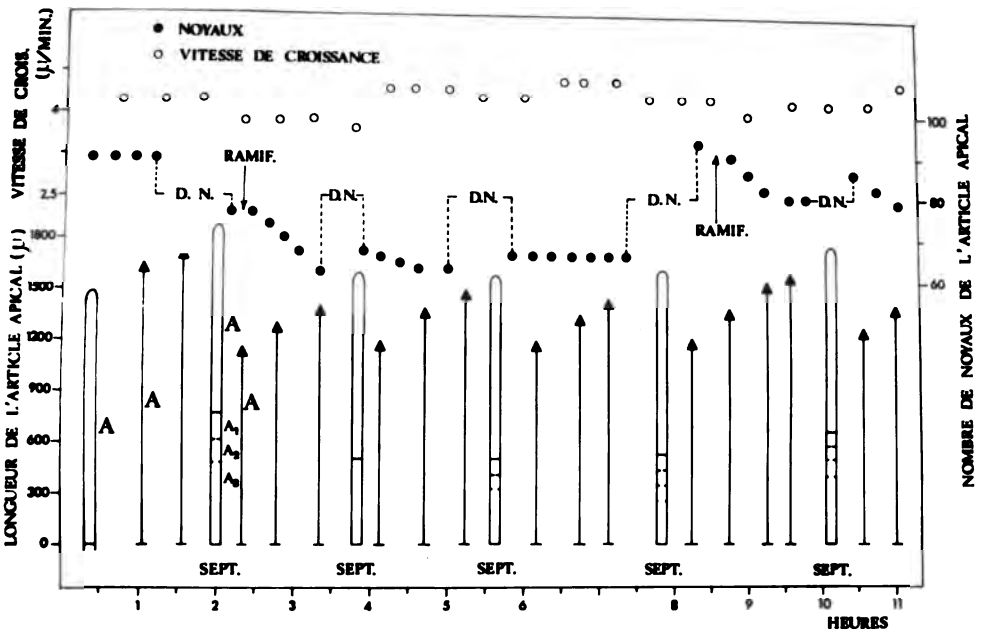


Figure 3. Article apical "adulte" (culture agée de 41 heures) du mycélium haplontique: longueur, vitesse de croissance et nombre de noyaux en fonction du temps. Sept., septation. D.N., divisions nucléaires. Ramif., ramification.

8 μ par minute. Pendant ce même mps la longueur de l'article apical, esurée immédiatement après le cloinnement, passe de 660 à 1225 μ, alors e le nombre de noyaux quintuple; en but d'expérience l'article apical renrme 16 noyaux, 10 heures plus tard on dénombre 84 (fig. 2). Ces jeunes arties se ramifient rarement. En 10 heures croissance une seule ramification est parue, ne modifiant par ailleurs que ès peu le nombre de noyaux de l'article pical.

Quant aux articles apicaux «adultes», ur vitesse de croissance est constante. eur longueur, mesurée immédiatement rès la septation, n'augmente plus; leur mbre de noyaux oscille entre deux vaurs extrêmes. La ramification apparaît i comme un phénomène important tant r sa fréquence que par son retenssement sur le comportement nucléaire e l'article (fig. 3).

Dans l'exemple traité à la figure 3, la vitesse de croissance se stabilise aux environs de 4,3 – 4,4 μ par minute. On remarque par deux fois que l'article apical isolé par un cloisonnement présente la même longueur. Les valeurs extrêmes rencontrées sont respectivement 972 μ et 1128 μ. Quant au nombre de noyaux dans cet article il se maintient entre 62 et 93. Trois ramifications se sont développées pendant cette période d'observation.

Les articles intercalaires

Derrière l'article apical on observe de nombreux articles intercalaires (fig. 3). Si l'on considère leur longueur, on est amené à distinguer deux groupes: des articles intercalaires courts, nombreux, dont les dimensions se situent souvent entre 38 et 152 μ et des articles intercalaires longs, plus rares, dont la longueur est en général comprise entre 350 et 658 μ (fig. 4).

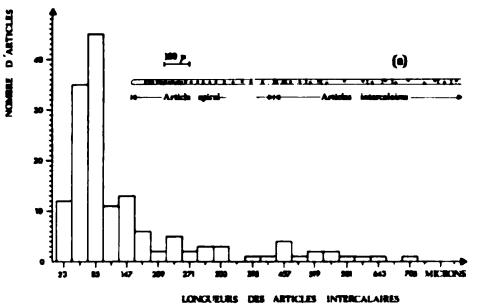


Figure 4. Articles intercalaires: distribution des longueurs. Le schéma (a) rend seulement compte de la succession articles intercalaires courts et nombreux, articles intercalaires longs et plus rares.

L'aspect des articles intercalaires est le même que celui de la base de l'article apical. Le cytoplasme rare se localise essentiellement autour du ou des noyaux. Quelques trabécules traversent la vacuole qui occupe la majeure partie de l'article. Il contient souvent deux noyaux dont seul le nucléole est visible sur le vivant.

Dans nos conditions expérimentales les articles intercalaires ne sont le siège d'aucune croissance. Ils ne donnent naissance à aucune ramification, leurs noyaux ne s'y divisent même pas.

ÉVOLUTION NUCLÉAIRE DANS L'ARTICLE APICAL

Mouvements des noyaux

Normalement la distance du premier noyau à l'apex oscille entre 48 et 78 μ. Les mouvements nucléaires sont très lents; ils n'ont pu être associés à des événements cellulaires marquants. Si à la suite d'une disparition momentanée du corps apical la croissance devient nulle, les noyaux se rapprochent de l'apex et peuvent alors n'en être éloignés que de 12 μ. Les noyaux, ainsi d'ailleurs que le cytoplasme, suivent l'hyphe dans son allongement. Mais lors de ce mouvement les noyaux les plus distaux sont abandonnés progressivement avec un peu de cytoplasme. Ils conserveront désor une position fixe et leur aspect se difiera beaucoup: alors que le nu plasme s'estompe, le nucléole de très réfringent.

Les divisions nucléaires

Il est important de rappeler qu phénomènes décrits ci-dessous se portent à un matériel génétiquemen mogène, puisque tous les noyaux haplonte descendent de celui de la s unicléée.

Dans l'article apical de *Polyp arcularius* les divisions des noyau sont pas synchrones. Il est facile d pérer l'endroit de l'hyphe où débute phénomène. Ce n'est jamais la ré apicale. Dans la moitié inférieure de ticle, sur 120 – 240 μ, le cytoplasm vient plus clair, ses organites sont a de mouvements intenses, les noyau distinguent très facilement. Dès lo contraste de phase ne permet plu bien suivre les événements. En minute 6 – 12 noyaux de cette ré s'estompent puis disparaissent, 7 minutes après, au même endroit paraissent les nucléoles punctifo des noyaux fils. La durée de la div nucléaire chez ce Basidiomycète es sine de celle notée par Zickler (chez plusieurs Ascomycètes. En dans les hyphes jeunes d'*Ascobolu mersus, A. stercorarius* et *Podospor serina* les noyaux se divisent en 9 minutes.

Les divisions nucléaires se succè lentement en direction de l'apex. E – 60 minutes les noyaux de la ré antérieure de l'article se seront div Il arrive que la vague de divisions s'a et n'atteigne pas les noyaux les plus caux. Ceux-ci demeurent alors en f de goutte et sont de dimensions supérieures aux noyaux venant d diviser qui sont petits et ronds, Kü et Yen (1947) figurent des images

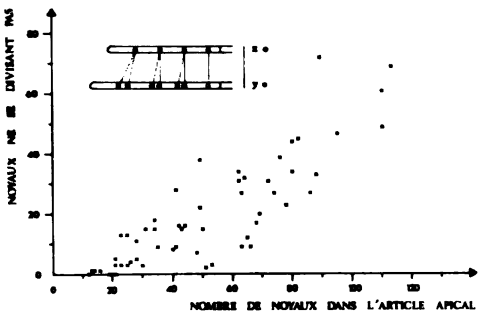


Figure 5. Relation entre le nombre des noyaux de l'article apical et le nombre de ses noyaux distaux qui ne se divisent pas. r = 0,92; t_{54} = 15,7 probabilité < 0,001; y = 0,57x — 8,93

parables dans le mycélium de *Merulius rufus.*

Chez l'haplonte de *Polyporus arcularius* la vague de divisions nucléaires est donc longuement centrifuge. Cependant certains noyaux situés en arrière de la région où ont commencé les mitoses vont également se diviser. Il existe en effet une seconde vague de divisions nucléaires, de même origine que la première mais de sens opposé. Ce flux centripète progresse en général très peu dans l'hyphe, les noyaux de la région la plus distale de l'article ne se divisent donc pas. Le nombre des noyaux distaux qui n'entrent pas en mitose est une fonction linéaire de celui des noyaux contenus dans l'article apical (fig. 5).

Le synchronisme des divisions nucléaires est donc très limité dans un article apical; en revanche les mitoses commencent presque au même moment dans tous les articles apicaux d'une même culture. Lors des observations en contraste de phase il semblerait par ailleurs que certains noyaux de *Polyporus arcularius* disparaissent puis redeviennent visibles sans pour autant s'être divisés, comme chez *Schizophyllum commune* TC-Volz et Niederpruem 1968).

Tous les noyaux d'un article apical ne se divisant pas, leur nombre ne passe à aucun moment du simple au double. Dans les articles apicaux «jeunes», le jeu combiné des mitoses, du cloisonnement et de la non-division de certains noyaux, ne permet qu'une augmentation lente (fig. 2) de ce nombre qui, dans l'article «adulte» (fig. 3), se maintient entre deux valeurs extrêmes.

LA SEPTATION

11 – 30 minutes après le début des premières mitoses, et à leur emplacement apparaît l'ébauche de la première cloison. Un simple épaississement interne de la paroi devient rapidement un bourrelet qui en 5 – 15 minutes se ferme tel un diaphragme. La septation est aussi un phénomène rythmé dont la périodicité semble liée à celle des divisions nucléaires (Valla 1973), bien que dans de rares cas (2/66) les mitoses ne soient pas suivies du cloisonnement.

Cette première cloison est rarement isolée; en général d'autres septa naissent derrière, en direction distale de l'article apical. Chez l'haplonte de *P. arcularius* la septation est donc un phénomène centripète. Les articles intercalaires, ainsi successivement délimités, ont des dimensions voisines et même égales excepté le plus distal qui se distingue

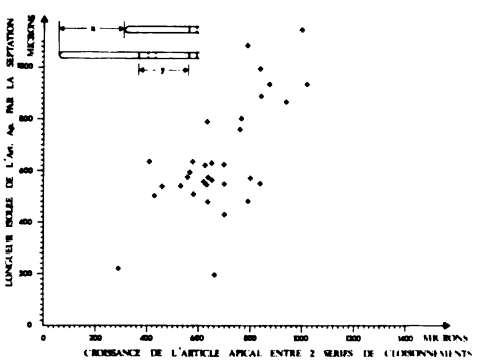


Figure 6. Relation entre la croissance de l'article apical et la longueur que le cloisonnement en isole. La longueur de l'article apical est mesurée à la fermeture des premières cloisons.
r = 0,67; t_{31} = 4,98 probabilité < 0,001;
y = 0,89x + 38,91

des précédents par sa grande longueur: cet article distal sera désormais qualifié de résiduel en raison de ses origines.

De 1 à 11 cloisons peuvent se former. Lorsqu'elles sont très nombreuses l'ordre centripète peut ne pas être respecté; mais la première cloison apparue est toujours la moins éloignée de l'apex. Elle isole de l'article apical «adulte» une longueur correspondant à celle dont il s'est accru entre les deux séries de septation (fig. 6), moins de la moitié de cet article en général (fig. 7).

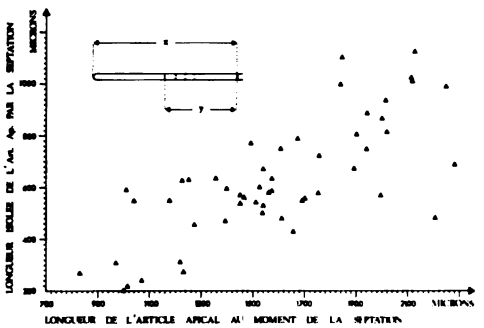


Figure 7. Relation entre la longueur de l'article apical et celle isolée par une série de cloisons. La longueur de l'article apical est mesurée à la fermeture des premières cloisons.
r = 0,73; t_5 = 7,65 probabilité < 0,001;
y = 0,41x — 26,3

Le recloisonnement de cette région semble obéir à des règles précises (fig. 8). Le nombre maximum de cloisons

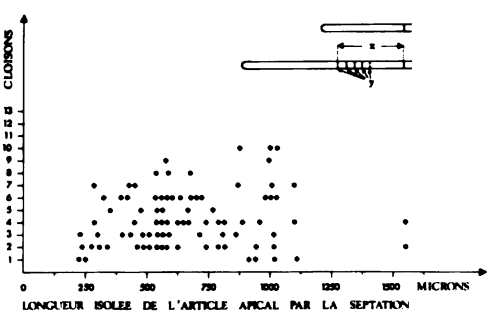


Figure 8. Diagramme de répartition du nombre de cloisons formées en fonction de la longueur isolée de l'article apical.

formées au cours d'une septation fonction de la longueur dont s'est courci l'article apical; il ne peut dépasser 11 dans nos conditi expérimentales, quelle que soit cette gueur.

Le nombre de noyaux séparés de ticle apical par une septation est linéairement au nombre de noyaux (tenus dans cet article; et le nombre noyaux séparés de l'article apical toujours nettement inférieur à la m(du nombre de ceux contenus dans article (fig. 9).

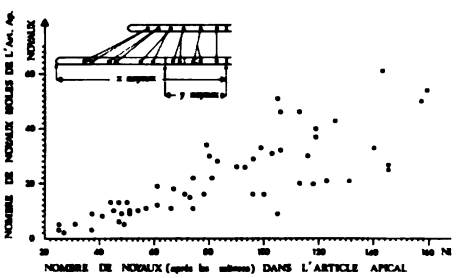


Figure 9. Relation entre le nombre de nc contenus dans l'article apical après les divi: nucléaires, et le nombre de ceux qui en s(ensuite séparés par le cloisonnement.
r = 0,77; t_{55} = 8,86 probabilité < 0
y = 0,30x — 3,90

Le nombre de noyaux des arti intercalaires est indépendant de la gueur de ces articles: il est en gén de 2. Quant aux articles résiduel: nombre de leurs noyaux, supérieu

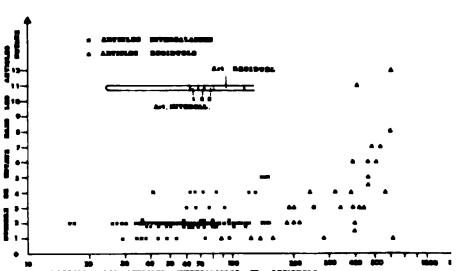


Figure 10. Nombre de noyaux dans les ar intercalaires et résiduels en fonction de leu gueur.

ɜs articles intercalaires, est fonc-
leur longueur (fig. 10).

FICATION

l'haplonte de *Polyporus arcula-*
- dans nos conditions expé-
ıles — le mycélium ne se ramifie
ıiveau des articles apicaux.

ıbauches apparaissent alors tout
de ces articles mais il semble que
microns les plus apicaux corres-
ıt à une région privilégiée pour la
ıce des ramifications; elles s'y for-
ɔlus nombreuses qu'ailleurs et
t alors atteindre un stade de
ɔpement comparable à celui de

la suite de cet exposé nous
rons les ramifications des 300
s apicaux: ramifications apicales;
uches latérales apparaissant sur
de l'article étant alors qualifiées
ales.

l'état actuel de nos connais-
sur le fonctionnement de l'article
la ramification est un phénomène
à prévoir. Les articles «*adultes*»
nifient plus souvent que les
:» mais aucun rythme n'a pu être
ent mis en évidence.
nble cependant que les ramifi-
apicales naissent souvent (19/45)
t les divisions nucléaires et dans
ıinutes qui précèdent ou qui sui-
s phénomènes. Leur développe-
ırésente trois phases distinctes
): la première faisant suite à la
ce d'une protrusion dans la ré-
ıisine de l'apex, dure une dizaine
utes et se caractérise par une
nce nulle; la deuxième d'une tren-
e minutes est marquée par l'al-
ent de l'ébauche dont la vitesse
ssance augmente presque expo-
ement. Pendant la troisième
ɜ ramification atteint lentement (2
ures) sa vitesse de croissance
ıle qui est inférieure ou égale à
ı l'axe.

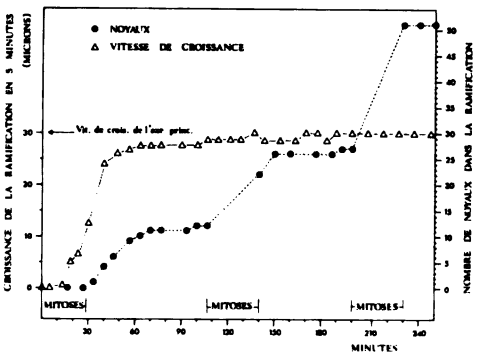


Figure 11. Ramification: vitesse de croissance et nombre de noyaux en fonction du temps. Cette ramification s'isolera de l'axe principal au temps T = 310 minutes lors de la série suivante de cloisonnements avec 79 noyaux; au même instant on en dénombre 87 dans l'article apical de l'axe principal.

La vitesse maximale de croissance d'une ramification est d'autant plus faible que celle-ci apparaît plus près de la cloison.

Les noyaux de l'article apical ne s'engagent pas immédiatement dans l'ébauche, quelle que soit leur position vis-à-vis de celle-ci. Un noyau ne pénètre dans la ramification que si elle atteint une longueur voisine, sinon égale; à celle qui sépare dans l'axe le premier noyau de l'apex. Ce phénomène a déjà été observé chez *Alternaria solani* (King et Alexander 1969) et chez plusieurs Coprins (Kühner 1946). Il semble donc que dans un premier temps la jeune ramification reconstitue le complexe apical «Spitzenbörper»- cytoplasme apical, nécessaire à son développement.

Le nombre des noyaux de l'article apical qui passent ensuite dans la ramification est lié à la position de celle-ci sur l'axe. Sur la figure 12 on remarque que plus une ramification naît près de l'apex plus elle reçoit de noyaux de l'article apical.

Le passage des noyaux s'effectue surtout lorsque la vitesse d'allongement de

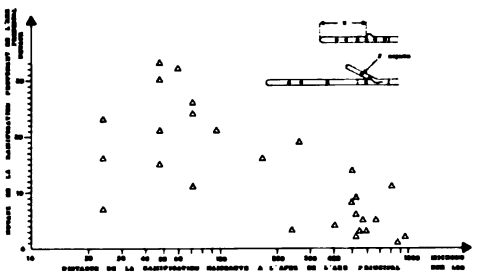


Figure 12. Relation entre la position d'une ébauche latérale sur l'axe principal et le nombre de noyaux qu'elle recevra de celui-ci.
$r = 0,72$; $t_{26} = 5,28$ probabilité $< 0,001$;
$y = -12,6x - 15,5$

la ramification croit exponentiellement (fig. 11). En 30 minutes elle reçoit de 10 à 20 noyaux; ce nombre augmente ensuite essentiellement par le jeu des mitoses.

Le rythme des divisions nucléaires dans une ramification est le même que celui de l'article apical auquel elle se rattache. Deux cas ont été observés:
1) Dans le premier les mitoses commencent dans l'axe sous la ramification. La vague de divisions nucléaires arrivant au niveau de la ramification se divise en deux: l'une remonte l'article apical lorsque l'autre remonte la ramification.
2) Le deuxième cas concerne des ramifications plus âgées, rejetées dans la partie distale de l'article apical. Les divisions nucléaires commencent en même temps, d'une part dans l'article apical en dessus de la ramification et d'autre part à la base de cette dernière, deux vagues de divisions nucléaires se propagent alors vers les apex du système. Ce deuxième cas est toujours suivi du cloisonnement de la ramification qui contient alors un nombre de noyaux voisin de celui de l'article apical.

Désormais le rameau latéral a acquis son autonomie et ses caractéristiques cellulaires; vitesse de croissance, rythmes des divisions nucléaires et de la septation en particulier pourront êt mêmes que celles des autres ai apicaux de la culture.

Discussion

Le mycélium chez l'haplont *Polyporus arcularius* est un sy ramifié, à croissance strictement ap L'étude morphologique et physiolo comparée des articles apicaux et calaires suggère que tous les é ments importants responsables d ganisation et du développement thalle se déroulent au niveau des ai apicaux. L'une de leurs caractérist est leur état multinucléé.

L'étude des divisions nucléair de la septation d'une part ch *arcularius*, espèce à mycélium ha tique multinucléé et d'autre part cl *lepideus* (non publié), espèce trè sine de la précédente mais à myc haplontique uninucléé, conduit à p que ces phénomènes se déroule manière assez semblable chez ces champignons. En particulier l'inte de temps séparant la division du o noyaux est le même. Mais chez l'e à articles uninucléés, chaque mito suivie d'un éloignement rapide et i tant (80-100 μ) des noyaux e cloisonnement, alors que chez l'e à articles multinucléés les noyau demeurent contigus et les cloiso forment seulement dans la régic l'hyphe où a débuté la division nucl En fait chez *P. arcularius*, comme plusieurs autres Hyménomycètes, multinucléé des articles apicau l'haplonte est un caractère qui ap dès la germination (Yen 1950), puis plifie dans les articles «*jeune* n'évolue plus dans les articles «adu Le noyau de la basidiospore subi première division qui n'est jamais de la septation. Dans nos cond expérimentales la première cloison forme qu'au stade quatre noyaux

alors de la spore un article apical
; noyaux. Dans l'article apical
› les noyaux se divisant presque
t le cloisonnement en éliminant
de la moitié, leur nombre aug-
lentement. Dans l'article apical
›» le maintien du degré de céno-
ıet sans doute en jeu un système
›xe de régulation dont deux des
s essentiels semblent être: le
ıement et l'absence de division
ıbreux noyaux distaux.

P. arcularius cette particularité
nportement nucléaire paraît liée
›art à la situation dans l'article api-
premières mitoses et d'autre part
uvement presque exclusivement
ıge de la vague de divisions. En
:hez les champignons à arti-
apicaux multinucléés étudiés
ılors, Penicillium cyclopium (Rees
ks 1952), *Fusarium oxysporum*
ʒ et Howard 1962), *Aspergillus*
ıs (Clutterbuck 1970) et *Alternaria*
(King et Alexander 1969), les mi-
ommencent dans la région apicale
phe puis descendent dans l'artic-
ıague de divisions nucléaires est
ıualifiée de centripète. Chez *P.*
ius les divisions se déclanchent
ı moitié inférieure de l'article api-
développant ensuite longuement
apex et très brièvement vers la
ı. De nombreux noyaux distaux ne
as alors touchés par la vague de
ns.

ʒ une hyphe la division simultanée
›yaux voisins est considérée (King
xander 1969) comme un facteur
ıt favoriser les échanges de
el nucléaire. Les mitoses con-
›s sont donc particulièrement
antes dans les mycéliums
caryotiques, mais semblent à
d'un intérêt secondaire dans le
um haplontique de *Polyporus*
ius. Le synchronisme régional des
ns nucléaires dans un article apical est peut-être caractéristique des mycéliums multinucléés. Il est signalé chez plusieurs Hydnés résupinés et Corticiés (Boidin 1954) chez *Polyporus laevigatus* (Kühner 1950), *Alternaria soani* (King et Alexander 1969) et chez *Aspergillus nidulans* (Clutterbuck 1970). Chez cette dernière espèce le synchronisme des divisions nucléaires est un caractère maléable dépendant du taux de croissance et susceptible d'être modifié par la qualité des sources de carbone et d'azote du milieu nutrifif (Clutterbuck et Roper 1966, Rosenberger et Kessel 1967). C'est ainsi qu'un milieu nutritif glucose-nitrate, sur lequel le taux de croissance d'*Aspergillus nidulans* est très élevé, provoque un synchronisme presque total des divisions nucléaires. Notre milieu nutritif contenant déjà du glucose, 5 g de $NaNO_3$ pour 1000 ml y ont été ajoutés; l'enrichissement en azote sous cette forme n'a apporté aucune modification du comportement nucléaire chez *P. arcularius*. Il est vraisemblable que dans les articles apicaux multinucléés très jeunes les divisions nucléaires soient synchrones. Chez *P. arcularius*, les deux premiers noyaux du jeune tube germinatif se divisent en même temps. Chez *Aspergillus nidulans*, lors de la germination de conidies (Rosenberger et Kessel 1967) le synchronisme est rompu dès le stade huit noyaux. Il est possible que cette perte du synchronisme des mitoses corresponde à la mise en place dans l'hyphe d'un gradient biochimique déclenchant les divisions nucléaires dans une région privilégiée de l'article apical.

La synthèse par le cytoplasme d'une substance initiatrice des mitoses est même envisageable. La présence d'une telle molécule, transportée dans les hyphes, ou diffusant dans le milieu, expliquerait alors le synchronisme des divisions nucléaires dans les différents articles apicaux d'une même culture de *Polyporus* arcularius. Ce comporte-

ment semble répandu chez les champignons puisqu'il a été observé dans les genres *Neurospora* (Ward et Ciurysek 1962), *Phyllosticta* (Bakerspigel 1959), *Thanatephorus*, *Ceratobasidium* (Flentje, Stretton et Hawn 1963), *Fusarium* (Koenig et Howard 1962), *Alternaria* (King et Alexander 1969), *Penicillium* (Rees et Jinks 1952) et *Aspergillus* (Rosenberger et Kessel 1967).

Chez *P. arcularius* les ramifications naissent uniquement sur l'article apical. Des faits semblables ont été observés chez *Neurospora crassa* (Zalokar 1959) *Aspergillus nidulans* (Clutterbuck 1970, Trinci 1970), *Alternaria solani* (King et Alexander 1969), *Geotrichum lactis* (Trinci 1970) *Psalliota haemorrhoidaria*, *Coprinus Patrouillardi* et *micaceus* (Kühner 1964). Toutes ces espèces possèdent des mycéliums à articles apicaux multinucléés. Nos observations chez *Leucoporus lepideus* après celles de Kühner (1946) et Bardin (1960) sur les mycéliums de nombreux Basidiomycètes à articles régulièrement uninucléés et binucléés, confirment que le mycélium de ce champignon ne se ramifie jamais par l'article apical. Il semblerait donc que l'état multinucléé des articles terminaux dans les mycéliums implique un système apical de ramifications.

Dans les mycéliums multinucléés, les noyaux soumis aux mitoses se trouvant en général localisés dans l'article apical, peut-on penser que les divisions nucléaires conditionnent la formation d'ébauches latérales, et en particulier ces dernières seraient-elles induites par une nouvelle orientation du fuseau mitotique dans l'hyphe? Chez *P. arcularius* la naissance des ramifications n'a pu être associée actuellement à la division nucléaire, bien que certaines d'entre elles se forment souvent au voisinage et pendant la période des mitoses. Des observations allant dans le *même sens ont* été réalisées chez *Leucoporus lepideus* (non publié); les haplontes de cette espèce dont les articles mycéliens sont uninuclé noyau ne semble pas participer à la sance de la ramification, mais lo l'ébauche latérale est assez dévelo le noyau y pénètre et s'y divise, l'u noyaux fils revenant ensuite dans ticle. Chez les Polypores, comme beaucoup d'autres champignons pent, sous presse) le rôle du noya de l'apparition des ébauches laté semble donc se réduire à la fourr au cytoplasme des informations n saires aux synthèses d'enzymes. naissance des rameaux latéraux se indépendante du comportement léaire, la croissance d'une ramific est fonction de son équipemen noyaux (fig. 12). De même une aug tation régulière de la vitesse de croi ce d'un article apical s'accomp d'une élévation progressive du no de ses noyaux (fig. 12). Un rappo cléopasmique doit être donc res pour que l'article apical atteigne tesse de croissance maximale et que l'ébauche latérale s'allonge à vitesse comparable à celle de principal.

Les principaux évènements de l cellulaire ont été parfois associés les champignons à des variations vitesse de croissance. C'est ainsi chez *Basidiobolus ranarum* (Rob 1963) les mitoses s'accompagnent c diminution de la vitesse d'allonge de l'hyphe. Chez *P. arcularius* co chez *Alternaria solani* (King et Alexa 1969) aucune modification de la vi de croissance n'a pu être notée lor divisions nucléaires. La naissanc ramifications chez *P. arcularius*, co chez *Geotrichum lactis* (Trinci 197 *Alternaria solani* (King et Alexa 1969), n'affecte pas davantage la sance de l'axe principal.

Ces dernières observations ne sont évidemment pas en faveur d'une hiérarchie du type dominance apicale dans l'hyphe de *P. arcularius*. Cependant cette hiérarchie se manifeste nettement dans les articles apicaux «jeunes» qui se ramifient alors rarement, et, bien que plus discrète, elle persiste dans les articles apicaux «adultes». En effet la croissance d'ébauches latérales sur ces articles dépend de leur position sur l'axe à leur naissance, les rameaux latéraux les plus distaux étant fréquemment inhibés.

Références

BAKERSPIGEL, A., 1959. The structure and manner of division of the nuclei in the vegetative mycelium of the Fungi Imperfecti. I *Phyllosticta* sp. *Cytologia*, 25: 516-522.

BARDIN, R., 1960. Contribution à l'étude des mycéliums de quelques Agaricales leucosporées de la famille des Tricholomacées. *Annls Univ. Lyon Sc. Nat.*, 11-12: 31-38.

BOIDIN, J., 1958. Essai biotaxonomique sur les Hydnés résupinés et les Corticiés. Etude spéciale du comportement nucléaire et des mycéliums. Thèse Lyon 1954, Mém. hors sér. No 6 *Revue Mycol.* Paris, 387 p.

CLUTTERBUCK, A. J., 1970. Synchronous nuclear division and septation in *Aspergillus nidulans*. *J. gen. Microbiol.*, 60: 133-135.

CLUTTERBUCK, A. J. and J. A. ROPER, 1966. A direct determination of nuclear distribution in heterokaryons of *Aspergillus nidulans*. *Genet. Res.* (Cambridge) 7: 185-194.

COCHRANE, V. W., 1958. Physiology of Fungi. John Wiley and Sons Inc, New York, 524 p.

DAVID, A. et H. ROMAGNESI, 1972. Contribution à l'étude des Leucopores français et description d'une espèce nouvelle: *Leucoporus meridionalis* nov. sp. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, 88: 293-303.

DORN, G. and W. RIVERA, 1966. Kinetics of fungal growth and phosphatase formation in *Aspergillus nidulans*. *J. Bact.*, 92: 1618-1622.

FLENTJE, N. T., H. M. STRETTON, and E. J. HAWN, 1963. Nuclear distribution and behavior throughout the life cycles of *Thanatephosus, Waitea* and *Ceratobasidium* species. *Aust. J. biol. Sci.*, 16: 450-467.

GIRBARDT, M., 1957. Der Spitzenkörper von *Polystictus versicolor* (L). *Planta*, 50: 47-59.

GIRBARDT, M., 1969. Die Ultrastruktur der Apicalregion von Pilzhyphen. *Protoplasma*, 67: 413-441.

GROVE, S. N. and C. E. BRACKER, 1970 Protoplasmic organization of hyphal tips among fungi: vesicles and Spitzenkörper. *J. Bact.*, 104: 989-1009

GROVE, S. N., C. E. BRACKER, and D. J. MORRE, 1970. Cytomembrane differentiation in the endoplasmic reticulum-Golgi apparatus-vesicle complex. *Science*, 161: 171-173.

GROVE, S. N., C. E. BRACKER, and D. J. MORRE, 1970. An ultrastructural basis for hyphal tips growth in *Ptythium ultimum*. *Am. J. Bot.*, 57: 245-266.

KING, S. B. and L. J. ALEXANDER, 1969. Nuclear behavior, septation, and hyphal growth of *Alternaria solani*. *Am. J. Bot.*, 56: 249-253.

KOENIG, R. and F. L. HOWARD, 1962. Nuclear division and septum formation in hyphal tips of *Fusarium oxysporum*. *Am. J. Bot.*, 49: 666. (Abstract).

KÜHNER, R., 1946. Recherches morphologiques et caryologiques sur le mycélium de quelques Agaricales en culture pure. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, 62: 135-182.

KÜHNER, R., 1950. Comportement nucléaire dans le mycélium des Polypores de la série des Igniaires. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, 230: 1687-1689.

KÜHNER, R. et H. C., YEN, 1947. Les bizarreries mycéliennes de *Merulius rufus* Pers. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, 63: 159-168.

LARPENT, J. P., 1966. Caractères et déterminisme des corrélations d'inhibition dans le mycélium jeune de quelques champignons. *Annls Sc. Nat.*, 7: 1-130.

LARPENT, J. P., 1972. Croissance et ramification du mycélium des champignons: gènes et morphogénèse. *Bull. Soc. bot. Fr.* (sous presse).

MARCHANT, R. and D. G. SMITH, 1968. A serogical investigation of hyphal growth in *Fusarium culmorum*. *Arch. Mikrobiol.*, 63: 85-94.

REES, H. and F. L. JINKS, 1952. The mechanism of variation in *Penicillium* heterokaryons. *Proc. R. Soc., B.*, 140: 100-106.

REINHARDT, M. O., 1892. Das Wachstum der Pilz Hyphen. Jb. *wiss. Bot.*, 23: 479-566.

ROBINOW, C. F., 1963. Observations on cell growth, mitosis, and division in the fungus *Basidiobolus ranarum*. *J. Cell Biol.*, 17: 123.

ROSENBERGER, R. and M. KESSEL, 1967. Synchrony of nuclear replication in individual hyphae of *Aspergillus nidulans*. *J. Bact.*, 94: 1464-1469.

SMITH, J. H., 1923. On the apical growth of fungal hyphae. *Ann. Bot.*, 37: 341-343.

SMITH, J. H. 1924. On the early growth rate of individual fungus hypha. *New Phytol.*, 23: 65-79.

STRUNK, C., 1928. Zur Darstellung des Apicalporus bei *Polystictus versicolor*. *Arch. Mikrobiol.*, 60: 255-261.

TERNETZ, C., 1900. Protoplasma Bewegung und Fruchtkörperbildung bei *Ascophanus carneus* Pers. *Jb. wiss. Bot.*, 35: 273-312.

TRINCI, A. P. J., 1970. Kinetics of apical and lateral branching of *Aspergillus nidulans* and *Geotrichum lactis*. *Trans. Br. mycol. Soc.*, 55: 17-28.

VALLA, G., 1973. Rythmes des divisions nucléaires et de la septation dans les articles apicaux en croissance du mycélium de *Polyporus arcularius* (Batsch) ex Fr. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, 276: 2649-2652.

VANDENDRIES, R., 1936. Les tendances sexuelles chez les Polyporus II, *Leucoporus arcularius* (Batsch) Quel. *Rev. Mycol.*, 1: 181-190.

VOLZ, P. A. and D. J. NIEDERPRUEM, 1968. Growth, cell division and branching patterns of *Schizophyllum commune* Fr. single basidiospore germlings. *Arch. Mikrobiol. Dtsch.*, 61: 232-245.

WARD, E. W. and K. W. CIURYSEK, 1962. Somatic mitosis in *Neurospora crassa*. *Am. J. Bot.*, 49: 393-399.

YEN, H. C., 1950. Note préliminaire sur la germination de la spore des Homobasidiés. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, 230: 1689-1691.

ZALOKAR, M., 1959. Growth and differentiation of *Neurospora* hyphae. *Am. J. Bot.*, 46: 602-610.

ZICKLER, D., 1971. Déroulement des mitoses dans les filaments en croissance de quelques Ascomycètes. *C. r. hebd. Acad. Sci., Paris*, 230: 1687-1689.

Naturaliste can., 100 : 493-508 (1973)

RELATIONS NEIGE-VÉGÉTATION DANS LA TOUNDRA FORESTIÈRE DU NOUVEAU-QUÉBEC, BAIE D'HUDSON [1]

Serge PAYETTE, Louise FILION et Jacques OUZILLEAU

Centre d'études nordiques
et
Faculté des sciences de l'agriculture
et de l'alimentation

Résumé

Nous présentons dans ce travail une étude sur le tapis nival de Poste-de-la-Baleine et du Golfe de Richmond, Nouveau-Québec, effectuée au cours de l'hiver 1973. Il existe une relation étroite entre les caractéristiques du couvert de neige et la végétation de la toundra forestière. Au sein d'unités topographiques définies,les structures de végétation basses, comprenant des formations herbacées et muscinales, possèdent un couvert nival plus dense et plus variable en profondeur que les structures de végétation hautes, lesquelles regroupent des formations arbustives et arborescentes. Les différences observées sont reliées au processus de saturation topographique des sites par l'enneigement; ce processus est influencé par la nature et le pattern de distribution des structures végétales. Les caractéristiques spatiales du couvert nival suivent celles des principaux éléments structuraux du paysage hémi-arctique. Les conditions édaphiques du domaine forestier des régions étudiées semblent plus limitatives que les conditions d'enneigement quant à la présence et à l'extension régionale des formations forestières. Cependant, l'impact de l'enneigement est plus marqué dans le domaine de krummholz du Golfe de Richmond.

Abstract

During the winter 1973, a snow study has been undertaken at Poste-de-la-Baleine and Richmond Gulf, Nouveau-Québec. There exists a strong relationship between snow cover properties and vegetation in the forest-tundra. Within defined topographic units, low vegetational structures, such as herbaceous and cryptogamic formations, have denser and more variable depth of snow cover than high vegetational structures, such as shrub and tree formations. These differences depend on the process of snow saturation in the environment; this process is influenced by the nature and the spatial pattern of structural types of vegetation. Pattern of snow distribution is similar to pattern of major structural elements of the hemi-arctic landscape. Soil conditions at Poste-de-la-Baleine and in the forest subzone at Richmond Gulf seem more restrictive than snow conditions for regional expansion of forest formations. But snow influence is more pronounced in the krummholz subzone of Richmond Gulf.

Mélanges du Centre d'études nordiques de l'Université Laval, numéro 68 (HUD-31)

Introduction

La neige peut être considérée comme un élément fondamental des écosystèmes nordiques. Dans les biomes de la forêt coniférienne boréale et de la toundra arctique, le couvert nival demeure en permanence pendant une période supérieure à six mois. Dans certains milieux comme les combes à neige, la saison de végétation dure parfois quelques semaines ou même quelques jours (Billings et Bliss, 1959).

La distribution des unités écologiques de la zone hémi-arctique (Rousseau, 1952) correspond grossièrement au modèle simple suivant: formations forestières vallicoles — formations basses d'interfluves, proposé par plusieurs auteurs dont Rousseau (1968), Hare (1959) et Hustich (1966). Cette zone de végétation constitue une transition entre la toundra arctique et la forêt coniférienne boréale proprement dite. S'il est indispensable de connaître la signification d'une telle zone au point de vue phytogéographique, il est aussi nécessaire d'établir la relation existant entre le pattern écologique et le pattern d'enneigement qui la caractérise. Ceci devrait nous permettre de mieux estimer l'impact de l'hiver sur la végétation.

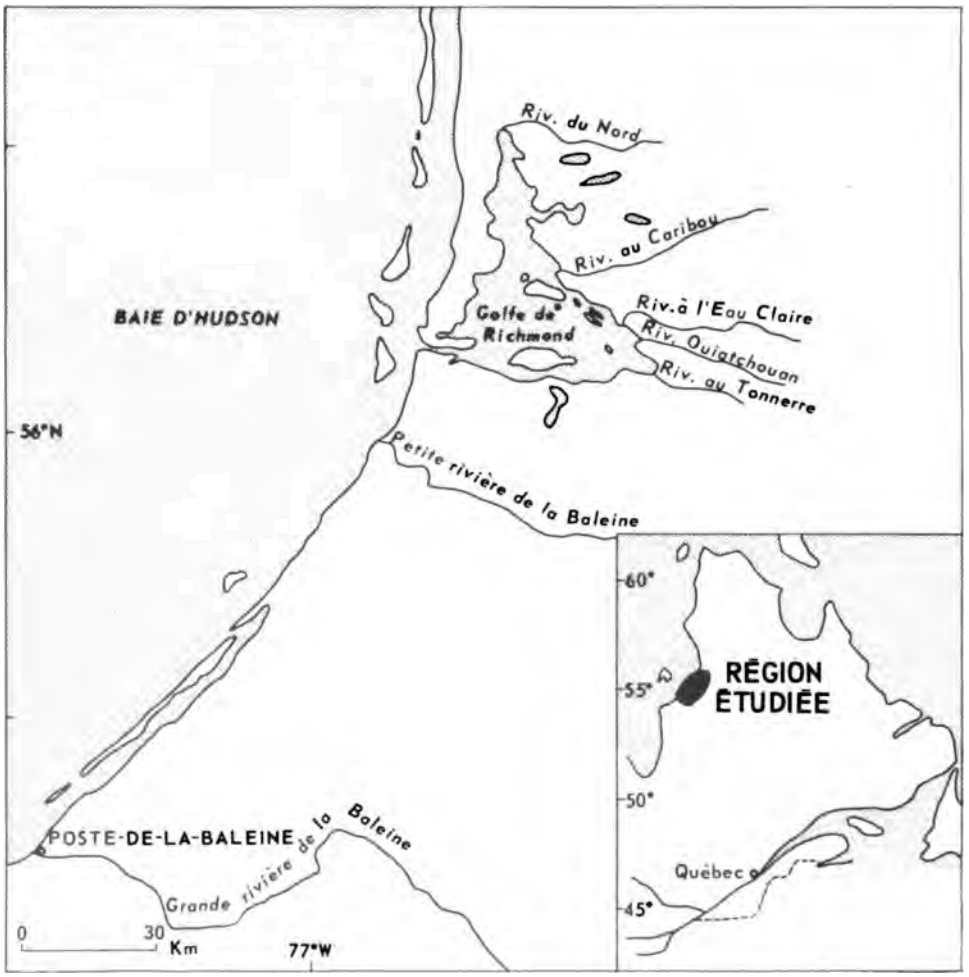


Figure 1. Localisation de la région étudiée.

Les observations présentées dans ce travail ont été faites à Poste-de-la-Baleine et au Golfe de Richmond (fig. 1). Ces deux régions sont représentatives de la toundra forestière maritime du Nouveau-Québec.

Description de la région étudiée

Le Golfe de Richmond se situe à 150 kilomètres au nord de Poste-de-la-Baleine. Le plan d'eau épouse grossièrement la forme d'un triangle dont le grand axe d'orientation nord-sud mesure environ 50 kilomètres et l'axe ouest-est approximativement 40 kilomètres. Le golfe est séparé de la baie d'Hudson par une péninsule dont la plus grande largeur atteint dix kilomètres.

Deux ensembles géologiques et topographiques caractérisent cette région. Le premier ensemble est représenté par des roches granitiques du Précambrien inférieur et est associé à la plate-forme laurentidienne de la Péninsule du Québec-Labrador. Il atteint une altitude moyenne de 300 mètres. La topographie générale est ondulée. Les reliefs locaux varient entre 50 et 100 mètres et se présentent sous forme de collines arrondies de direction modale ouest-est. Le deuxième ensemble détermine l'originalité essentielle des paysages du Golfe de Richmond. Il se situe à l'ouest de la plate-forme granitique et est dominé par des roches volcaniques et sédimentaires appartenant au Précambrien supérieur. Les formations protérozoiques dominantes sont représentées par des affleurements d'arkose, de dolomie et de basalte (Woodcock, 1960) distribués sous forme de cuesta et de crête (*hog back*). La péninsule séparant la baie d'Hudson et le golfe constitue une grande cuesta culminant à environ 440 mètres. Les revers de cuesta ont un pendage variant entre 5 et 15 degrés et font face à la baie d'Hudson. Des vallées conséquentes traversent les revers et les fronts selon une direction préférentielle ouest-est. Les caractéristiques topographiques des ensembles protérozoique et laurentidien influencent les conditions climatiques de la région.

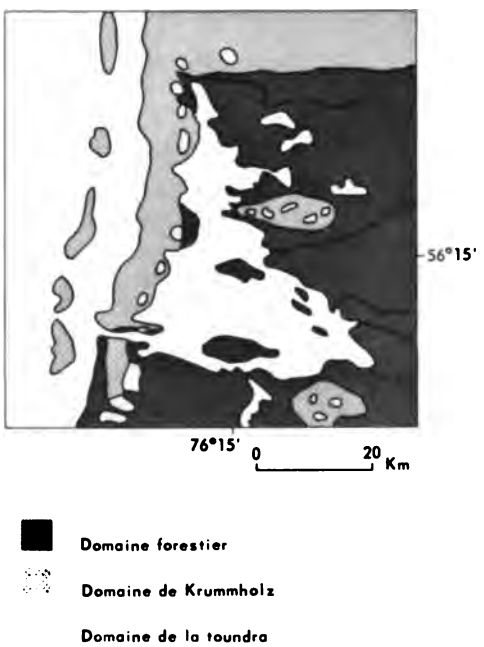


Figure 2. Les domaines écologiques du Golfe de Richmond.

La végétation du Golfe de Richmond est diversifiée et se répartit dans trois domaines écologiques fondamentaux, à savoir le domaine forestier, le domaine de krummholz et le domaine de la toundra d'altitude. La répartition géographique de ces domaines est fonction de gradients écologiques déterminés par la proximité de la baie d'Hudson, l'arrangement spatial des unités topographiques et l'altitude (fig. 2).

Les conditions géographiques de la région de Poste-de-la-Baleine ont été décrites dans un travail récent de Payette (1973). Poste-de-la-Baleine est dominé par une plate-forme granitique relativement basse, modelée en collines

d'orientation ouest-est. Ces dernières culminent à 235 mètres, à environ 5.5 kilomètres du littoral de la baie d'Hudson. La végétation de Poste-de-la-Baleine appartient au domaine forestier, comparable structuralement à celui du golfe de Richmond.

Méthodes

L'étude du couvert nival, entreprise au cours du mois de mars 1973, comprend un ensemble de mesures relatives à l'épaisseur, à la densité et à la distribution de la neige. L'épaisseur et la densité de la neige sont estimées à l'aide d'un échantillonneur volumétrique Mt. Rose.

Nous devons noter que les données relatives à la densité de la neige sont sujettes à un pourcentage d'erreur de surestimation de l'ordre de 10% dans le cas d'échantillonneurs volumétriques comme le Mt. Rose (Beaumont, 1967). Cette surestimation peut être diminuée de moitié si les couteaux de l'échantillonneur sont bien aiguisés. De plus, il semble que les mesures de densité sont plus fluctuantes lorsque la neige est peu épaisse, comme dans les sites très exposés. Quant à la précision des mesures d'épaisseur de neige, il est à remarquer que l'existence d'une couche de glace à l'interface sol-neige peut causer une sous-estimation de la profondeur totale, inférieure généralement à 1 %.

Deux méthodes d'échantillonnage ont servi à déterminer l'emplacement des relevés de neige et de végétation. Afin de connaître la relation existant entre l'épaisseur et la densité de la neige et la végétation, un échantillonnage stratifié a été établi en tenant compte de la topographie et des structures de végétation. Ces dernières sont définies dans la classification de Payette et Gauthier (1972). La nature des formations ligneuses denses nécessite parfois de changer l'emplacement des points d'échantillonnage. En effet, le feuillage dense bloque le carottier et modifie considérablement la morphologie du profil de neige. D'un autre côté, un échantillonnage systématique a été utilisé afin de déterminer les variations d'enneigement le long d'un axe ouest-est et comportant l'étude de quatre unités topographiques à Poste-de-la-Baleine. Cette méthode d'échantillonnage est proposée par Whittaker (1967) pour l'analyse directe de gradients écologiques. Ce transect est subdivisé en intervalles espacés régulièrement de 275 mètres. A chaque point, une perpendiculaire est tracée et traverse quatre milieux différents au point de vue topographique, à savoir un fond de vallée, un flanc exposé au sud, un flanc exposé au nord et une cuvette de sommet. Dans chaque milieu, un quadrat de 10 mètres par 20 mètres est utilisé pour le dénombrement des individus des différentes espèces arborescentes recensées à hauteur de poitrine (dhp). Les individus sont inclus dans les classes de diamètre suivantes: 0 — 1 pouce (0 — 2.5 cm), 1 — 2 pouces (2.5 — 5 cm), etc... De plus, on compte le nombre d'individus prostrés, s'apparentant à un krummholz. L'altitude de chaque quadrat est notée, ainsi que la profondeur et la densité de la neige.

Résultats et discussion

NEIGE ET VÉGÉTATION AU GOLFE DE RICHMOND

Situation générale de l'enneigement

Les observations sur l'enneigement concernent exclusivement les domaines forestier et de krummholz. De façon générale, les caractéristiques du tapis nival varient d'un domaine à l'autre, surtout en ce qui concerne la densité. L'épaisseur de neige est beaucoup plus variable, bien que le domaine de krummholz semble moins enneigé.

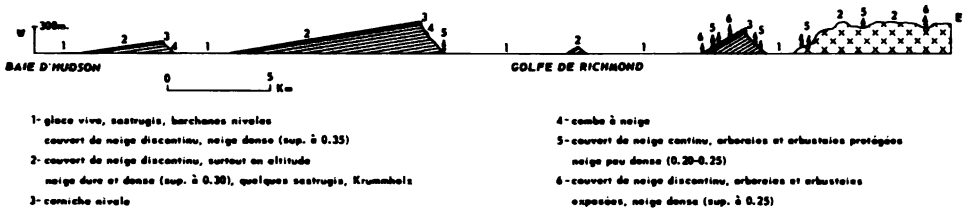


Figure 3. Coupe transversale du Golfe de Richmond: distribution du couvert de neige.

Cependant, des milieux plus enneigés à distribution ponctuelle se rencontrent fréquemment dans ce dernier domaine. Ils constituent de véritables combes à neige où l'épaisseur du profil de neige dépasse 10 mètres. Une coupe transversale d'ouest en est du Golfe de Richmond illustre les traits dominants du tapis de neige selon les ensembles géologiques et topographiques et les domaines écologiques (fig. 3). Cette coupe se situe grossièrement dans le sens des vents dominants au cours de l'hiver.

Profondeur et densité de la neige selon les structures végétales

Le tapis nival varie sensiblement au point de vue densité et profondeur dans les principales structures de végétation de ces domaines (tableau 1). Les groupes arboraie, arbustaie, herbaçaie et muscinaie sont principalement représentés par les types structuraux suivants: basse arboraie arbustive basse, basse arbustaie continue, basse herbaçaie continue et muscinaie arbustive basse. Ces structures sont situées sur des unités topographiques homogènes (cuesta). On constate généralement que: 1) les structures végétales basses retiennent moins de neige que les structures hautes, 2) les struc-

TABLEAU I

Profondeur et densité de neige selon les structures de végétation, Golfe de Richmond

Structure de végétation	*N*	*Densité*			*Profondeur*		
		Moyenne	*Ecart-type*	*Erreur standard de la moyenne*	*Moyenne*	*Ecart-type*	*Erreur standard de la moyenne*
arboraie	45	.20	.0223	.0033	31.33 po (80.20 cm)	7.73 po (19.79 cm)	1.800 po (4.60 cm)
arbustaie	32	.22	.0316	.0055	38.15 po (97.66 cm)	6.08 po (15.57 cm)	1.0748 po (2.75 cm)
herbaçaie	21	.29	.0974	.0212	14.90 po (38.14 cm)	8.44 po (21.60 cm)	1.8417 po (4.71 cm)
muscinaie	21	.32	.0860	.0187	20.00 po (51.20 cm)	8.90 po (22.78 cm)	1.9421 po (4.97 cm)
arboraie exposée	13	.26	.1000	.0277	43.19 po (110.57 cm)	14.70 po (37.63 cm)	4.0771 po (10.43 cm)
arbustaie exposée	27	.31	.0734	.0141	32.5 po (83.20 cm)	15.43 po (39.50 cm)	2.9695 po (7.60 cm)
krummholz	11	.33	.1220	.0368	33.68 po (86.22 cm)	15.37 po (39.35 cm)	4.6350 po (11.86 cm)

tures végétales basses possèdent un couvert nival plus dense que les structures hautes, 3) les écarts à la moyenne des profondeurs et des densités sont plus importants dans les structures basses et dans les structures situées en milieu exposé au point de vue éolien.

De telles différences de densité et de profondeur de neige selon les structures de végétation sont statistiquement très significatives dans la majorité des cas (tableau II). Seules les densités et les profondeurs de neige des formations herbacées et muscinales ne diffèrent pas significativement. En comparant ces caractéristiques entre les formations arbustives et arborescentes protégées et exposées aux vents, on note des différences significatives en ce qui concerne la densité de neige (tableau III). La profondeur de neige varie de façon significative entre les arboraies protégées et exposées. Une différence au niveau 0.07 doit être signalée entre les arbustaies protégées et exposées (tableau III). S'il existe des relations étroites entre neige et végétation, on constate qu'il n'y a aucune corrélation entre la densité et la profondeur de neige à l'intérieur de chaque structure de végétation (tableau IV).

TABLEAU II

Tests de différences de moyennes des profondeurs et des densités de neige entre les structures de végétation

Structure de végétation	*Densité*	*Profondeur*
Arbustaie – Arboraie	**	**
Herbaçaie – Arboraie	**	**
Herbaçaie – Arbustaie	**	**
Muscinaie – Arboraie	**	**
Muscinaie – Arbustaie	**	**
Muscinaie – Herbaçaie	NS	NS[1]

** significatif au niveau 0.01
NS non significatif
[1] significatif au niveau 0.06

TABLEAU III

Tests de différences de moyennes des profondeurs et des densités de neige entre les arboraies et les arbustaies protégées et exposées

Structure de végétation	*Densité*	*Profondeur*
Arboraie protégée – Arboraie exposée	*	**
Arbustaie protégée – Arbustaie exposée	**	NS[1]

** significatif au niveau 0.01
* significatif au niveau 0.05
NS non significatif
[1] significatif au niveau 0.07

TABLEAU IV

Corrélation entre la profondeur et la densité de neige dans chaque structure de végétation

Arboraie	–.1508	NS
Arbustaie	.3144	NS
Herbaçaie	.1356	NS
Muscinaie	.2037	NS
Arboraie exposée	.3227	NS
Arbustaie exposée	.2153	NS
Krummholz	.1094	NS

NS non significatif

Causes des variations de profondeur et de densité de la neige

L'ensemble de ces observations suggère les remarques suivantes. Les structures végétales exercent des modifications sensibles dans la distribution de la neige. A cause de la grande dimension et de la densité relativement forte des formes de croissance des arboraies et des arbustaies, ces formations sont peu soumises à l'effet direct du vent. Une certaine uniformité dans la densité et l'épaisseur de neige en est une résultante typique. L'enneigement dans les arboraies est généralement plus important que dans les formations her-

; et muscinales étudiées, mais
re que dans les structures arbus-
On doit noter que ce fait a été
ıu par quelques chercheurs dont
ın (1957).
ɔelons ici qu'il existe des her-
s et des muscinaies très ennei-
comme dans les combes à nei-
n étudiées dans ce travail. Ceci
ɜ, d'une part, que les structures
ɔolygénétiques et, d'autre part,
ıs structures contrôlent par rétro-
moins bien leur environnement
s structures hautes. Des facteurs
ues, come la topographie, peu-
noduler plus fondamentalement
ɔnctionnement que les facteurs
ques, lesquels sont opération-
ıns des systèmes évolués.

moins grande profondeur de
dans les arboraies coniférienne
d'épinettes noires) est due à la
ce d'un feuillage touffu qui inter-
une quantité importante de la
ors des précipitations. Une partie
iable de cette neige est trans-
ailleurs par le vent; une autre
peut être évaporée ou sublimée
nsformée sur place en glace et
nué sur les pseudophylles et les
ux. D'un autre côté, les densités
ge mesurées montrent que l'ac-
ı vent est plus importante dans
ɔustaies que dans les arboraies.
ıerbaçaies et les muscinaies
ıcent peu ou pas les caracté-
ɜs du couvert nival qui les
re. Ces structures subissent plus
ɜs précédentes l'influence des
ons topographiques et d'expo-
éolienne sur l'enneigement. Leur
phytomasse ne peut diminuer de
sensible l'action érosive directe
ıt. Ceci est souligné notamment
ıe hausse importante de la den-
ɜ neige. D'autre part, on peut
une variation plus importante
a profondeur de neige de ces
milieux par rapport aux formations arborescentes et arbustives. Il est intéressant de noter que de telles tendances s'observent dans les arboraies et les arbustaies exposées.

Structures végétales exposées aux vents

Les formations arborescentes exposées se rapportent surtout aux zones de contact entre formations basses et formations forestières, ainsi qu'à des îlots forestiers entourés de formations basses. Ces arboraies possèdent généralement une plus forte densité et un plus grand enseignement que les arboraies protégées. Les arboraies exposées peuvent être reconnues par la présence de congères (drift) rendant irrégulière la surface de la neige. Ceci a déjà été noté par Matthews (1962) et Gardner (1964). Ces congères sont formées derrière les arbres soumis à l'action directe du vent. L'augmentation de la densité de la neige est causée par la compaction éolienne.

Les arbustaies et les arboraies exposées montrent beaucoup de variations en ce qui concerne la profondeur et la densité de neige. Il y a une grande similitude dans les propriétés du couvert nival entre les arbustaies exposées et les formations en krummholz. Ces dernières sont en réalité des basses arbustaies exposées. Les densités de neige enregistrées dans ces formations soulignent l'influence prépondérante de l'érosion et de la compaction éoliennes. Les variations dans la hauteur de neige sont en partie attribuables aux conditions topographiques des stations adjacentes. La hauteur des formations correspond à quelques centimètres près à la profondeur de neige au cours des temps froids de l'hiver (Payette et Lagarec, 1972).

Point de saturation topographique

La forme et la hauteur variables des arbustaies exposées permettent de penser que l'action érosive du vent se fait sentir seulement à partir du moment où les stations sont rendues au point de saturation topographique. En effet, au cours de la saison nivale, l'enneigement tend à colmater le relief local (topographique et structural) et créer une surface plus régulière (Thom et Granberg, 1970). Au-delà de ce point, la neige ne peut s'accumuler. La formation de glace sur la surface de neige peut ralentir et modifier ce processus. Une telle situation de saturation topographique signifie que les arbustaies exposées rases sont plus rapidement et plus fortement soumises à l'érosion éolienne que les arbustaies exposées hautes, lesquelles sont plus tardivement saturées.

Les milieux caractérisés par l'importance des sastrugis, des formes barchanoides et des creux de déflation ont bien souvent franchi le point de saturation topographique, comme c'est le cas de la surface du golfe proprement dit (fig. 3). Les milieux caractérisés par l'abondance de congères se situent généralement en-deçà du point de saturation topographique. Les revers de cuesta présentent sur ce plan un intérêt évident puisqu'ils sont à la fois exposés aux vents dominants et répartis dans les deux domaines écologiques étudiés. Les revers situés dans le domaine de krummholz se composent de milieux rapidement saturés par l'enneigement, tandis que ceux du domaine forestier sont constitués d'un mosaïque de milieux saturés et non saturés, à cause de la présence de structures végétales hautes et denses qui tamponnent l'action éolienne. D'autre part, les fronts de cuestas se caractérisent par l'abondance de milieux n'ayant pas atteint la saturation topographique. Le relief *relatif de ces fronts* est toujours impor-

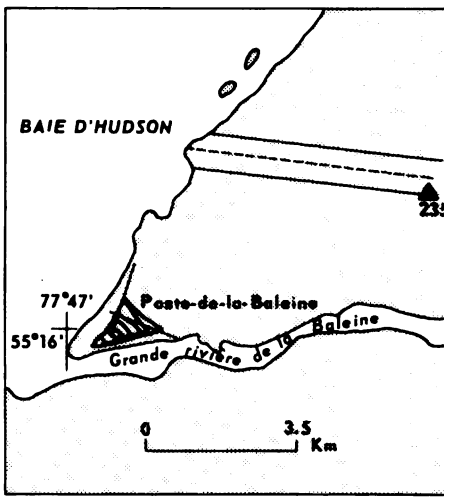


Figure 4. Poste-de-la-Baleine : localisati transect.

tant et crée un appel au vide. On la présence de nombreuses corni nivales au point de rupture de p entre le revers et le front. plusieurs cas, ces corniches évo vers des combes à neige. L'enn ment est considérable, mais ne suffire à combler la forte dissym du relief des deux versants. Les lieux localisés sur des fronts cuesta sont peu soumis à la tion éolienne. Les arboraies qu trouvent sont généralement plus neigées que les forêts des rever cuestas. Il en est de même pour tes les autres structures végétales ceptibles d'y apparaître.

Combes à neige

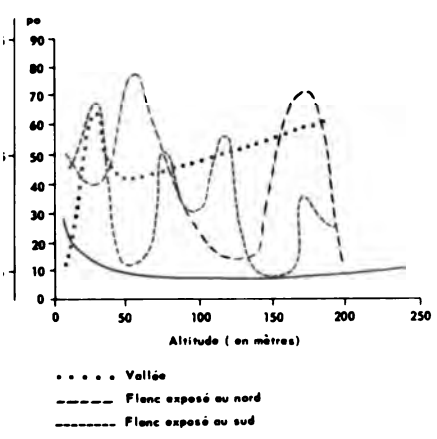
Les combes à neige les plus im tantes du domaine forestier se lisent surtout sur les versants exp au nord, alors qu'elles se rencon sur les versants est dans le domain krummholz. Il semble que les cor exposées au nord sont associées mise en place de la neige lors des pêtes en provenance du sud. combes se situent dans des zone contact où l'on note la présence de

5. Distribution des tranches altitudinales le long du transect à Poste-de-la-Baleine.

raides à exposition nord. Des aies peuvent border les combes et r la perte de neige causée par les d'ouest apparaissant après les de tempête.

ET VÉGÉTATION À POSTE-DE-LA-BALEINE

couvert de neige varie consi- lement d'un milieu à l'autre et souligner l'influence des condi- topographiques environnantes et tructures de végétation (Payette et ec, 1972). Nous présentons ci- us les résultats de l'échan- nage systématique établi le long nsect ouest-est, tiré depuis le lit- au niveau de la mer, jusqu'à une



re 6. Epaisseur de neige de l'ensem- llée-flancs-interfluve en fonction de l'alti-

altitude de 235 mètres, à quelque 5.5 kilomètres dans l'arrière-pays (fig. 4 et 5). Les résultats apparaissent dans les fig. 6, 7, 8 et 9.

Profondeur de la neige

On constate, de façon générale, que l'épaisseur de neige diffère grandement d'un milieu à l'autre (fig. 6). Seule la vallée montre une augmentation de l'enneigement avec une augmentation de l'altitude. La profondeur de neige des flancs varie fortement; à une augmentation de l'épaisseur de neige d'un versant correspond une diminution considérable sur l'autre versant. Les vallées et les sommets montrent un enneigement régulier, sauf à proximité de la baie d'Hudson. Les milieux les plus fortement enneigés, surtout les versants exposés au nord, peuvent être, ailleurs sur le transect, peu enneigés.

Densité de la neige

Une telle variation dans la profondeur de neige n'a pas d'équivalent dans la densité de la neige (fig. 7).

Elle est généralement élevée près du littoral, peu importe le milieu considéré. On note une baisse générale de la densité de la neige au milieu du transect, après quoi une hausse générale s'observe dans le secteur le plus élevé du territoire. Les variations dans la densité de la neige des vallées et des versants

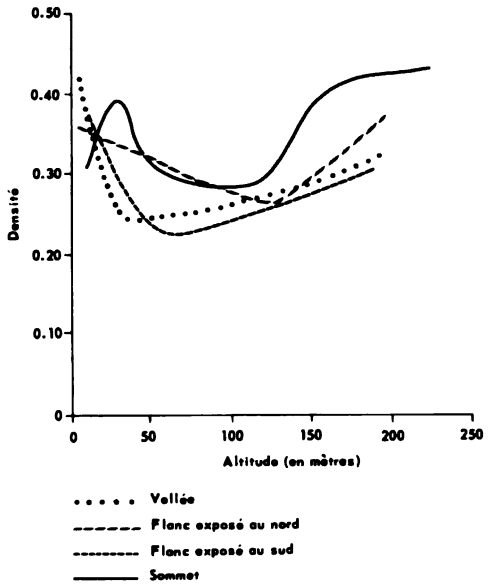


Figure 7. Densité de la neige de l'ensemble vallée-flancs-interfluve en fonction de l'altitude.

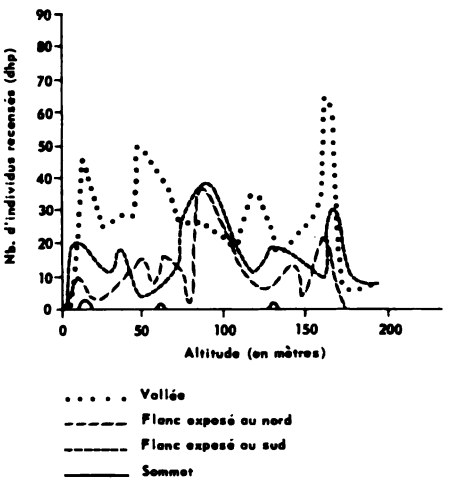


Figure 8. Nombre d'individus recensés d'espèces arborescentes de l'ensemble flancs-interfluve en fonction de l'altitude.

exposés au sud adoptent un pattern similaire. Les plus fortes densités apparaissent sur les sommets et les versants exposés au nord. Il est à noter qu'il n'existe pas de variation synchrone de la densité en fonction des changements dans l'épaisseur de neige; ceci a déjà été observé dans la région du Golfe de Richmond.

RECENSEMENT D'INDIVIDUS D'ESPÈCES CONIFÉRIENNES

Le nombre d'individus d'espèces conifériennes (*Picea glauca, Picea mariana, Larix laricina)* recensés à hauteur de poitrine fluctue considérablement dans les vallées et les versants (fig. 8). Les sommets sont pratiquement dépourvus d'individus atteignant 1.25 — 1.50 mètres de hauteur. Les vallées possèdent un caractère forestier, les versants à un moindre degré dans les secteurs inférieur et supérieur du transect. Le *nombre d'épinettes* rases accuse lui aussi de fortes fluctuations (fig C'est sur les sommets que les indi sont les plus nombreux alors c n'en dénombre aucun dans les va A un nombre élevé d'individus pré sur les flancs d'exposition nord respond un nombre faible sur les fl d'exposition sud et vice-versa.

CAUSES DES VARIATIONS DE L'ENNEIGEM

L'enneigement régulier dans vallées est relié à des condition

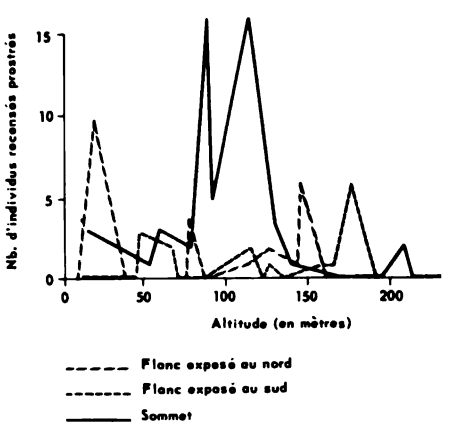
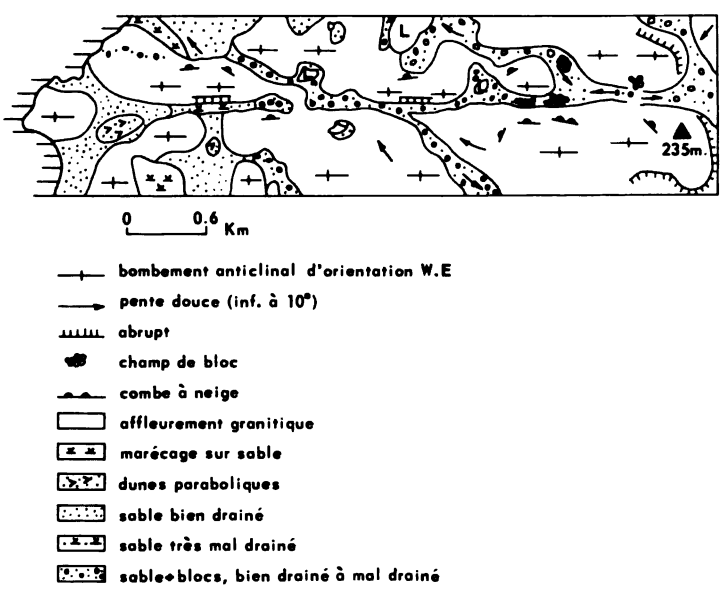


Figure 9. Nombre d'individus recensés trés d'espèces arborescentes de l'ensemb lée-flancs-interfluve en fonction de l'altitude

en place de la neige relative- homogènes. L'enneigement sur ommets dépend des conditions topographiques. Les croupes ar- es sont le plus souvent dé- s. Le faible enneigement de la sur le littoral est associé à l'ab- de forêts. Les herbaçaies à *s arenarius* dominent dans ce ur. Par la suite, la forte augenta- lans l'épaisseur de neige est due à sence de dunes paraboliques fai- obstacle aux vents dominants de t et du nord-ouest prenant en e la neige. Les forêts enneigées uent à l'aval, sous le vent. L'en- ment progressif des vallées ieures peut être attribué à un effet ière et de combe, les forêts étant us en plus exposées et dominées e hauts reliefs situés dans la sec- méridionale: on observe la pré- de nombreuses congères dans ce ur du transect. Sur les versants de s, l'enneigement est avant tout ion des pentes de chaque flanc et a disposition des unités topo- iiques les unes par rapport aux autres. On remarque que des pentes raides favorisent la formation de combes ou de congères importantes sur le flanc exposé au nord, alors que le flanc exposé au sud est peu enneigé (fig. 10). La neige qui s'accumule dans ces milieux provient du sud, du sud-ouest et du sud-est. Des pentes faibles causent un enneigement ayant tendance à colmater autant les deux versants que le centre de la vallée. A cause de la disposition des unités topographiques, et de la présence de structures végétales hautes, elle est peu ou pas reprise en charge par les vents dominants. Les versants fortement enneigés d'exposition sud font face à des flancs d'exposition nord à faible inclinaison, ayant atteint le point de saturation topographique. Le trop plein de neige est distribué plus uniformément dans la vallée et le versant exposé au sud.

Causes des variations de densité de la neige

Le pattern général des densités de chaque milieu semble similaire, mais il ne répond pas à des conditions



10. Topographie et matériaux superficiels le long du transect à Poste-de-la-Baleine.

écologiques semblables. Les fortes densités du littoral sont associées à une plus grande exposition aux vents dominants, d'ailleurs favorisées par l'absence de structures de végétation arborescentes. L'apparition des forêts succédant aux groupements à *Elymus* diminue considérablement l'exposition éolienne. Les densités de neige dans les arboraies de la vallée sont alors inférieures à 0.25 et tendent graduellement vers 0.30 avec une augmentation de l'altitude. Dans ce cas-ci, on note une progression parallèle entre la profondeur et la densité de la neige. Il faut noter que les arboraies d'altitude sont moins bien protégées que les arboraies inférieures Toutes ces tendances soulignent le même type de relation que nous avons établi pour les arboraies protégées et exposées du Golfe de Richmond. Les profondeurs et les densités de neige évoluent dans le même ordre de grandeur que celles observées dans les formations du Golfe de Richmond.

La faible densité de la neige du sommet de la section littorale correspond à l'emplacement du plus fort enneigement de ce milieu au long du transect. Les diminutions sensibles de la densité de la neige des sommets de la section centrale du transect peuvent être liées en partie à une diminution importante de l'exposition. Cette dernière est déterminée par la présence de collines adjacentes surélevées par rapport à l'ensemble. C'est dans ce secteur que l'on note une augmentation importante du nombre d'épinettes blanches rases sur les sommets (fig. 9). Une certaine amplitude de densité est associée, comme pour les formations semblables du Golfe de Richmond, aux difficultés de l'échantillonnage. Il est cependant intéressant de souligner qu'à cette diminution relative dans l'exposition, on ne remarque pas une augmentation de *l'épaisseur du couvert* nival sur les sommets. Une telle situation est l'entraînement de la neige par le v cause de la saturation topograp des stations. Sur les somme saturation topographique peut d'année en année selon la prése la fréquence de couches de qui limitent l'érosion du tapis Matthew (1961) a d'ailleurs obs Schefferville au cours de l'hiver 1960 peu de différences entre le exposés et protégés des vents plan de l'enneigement. Ceci était une diminution sensible de la v des vents au cours de cette périoc

Les tendances observées dar densités du versant exposé a traduisent la dépendance de ce vis-à-vis la vallée et le versant e au nord. Les quelques épinettes sont situées surtout aux deu trémités du transect. Les plus densités observées sur les ve correspondent à une augmentatio sible du nombre d'individus d'es arborescentes non prostrées. L sence d'arbres a pour effet de r l'érosion et la compaction éoli Cette augmentation est avant attribuable aux conditions édaphi

Importance des conditions édaphi

La distribution du nombre d'ind supérieurs à 1.25 — 1.50 mètr hauteur dans les différents milieu ble répondre davantage aux conc édaphiques de la plupart des qu'aux conditions d'enneigemen arboraies se localisent principal dans la vallée, où se retrouver matériaux meubles et une hu suffisante (fig. 10 et 11). Les vari dans le nombre d'individus ser fonction du dynamisme de la végé (sère littorale et coupe forestière Amérindiens) et du régime hyc exprimés par le nombre d'es arborescentes, ainsi que par le n

TABLEAU V

Distribution des conifères par classes de diamètre (dhp) dans les vallées du transect en fonction de l'altitude

Classes de diamètre en pouces (en cm)

Altitude (en mètres)	*0-1 (0-2.5)*	*1-2 (2.5-5)*	*2-3 (5-7.5)*	*3-4 (7.5-10)*	*4-5 (10-12.5)*	*5-6 (12.5-15)*	*6-7 (15-17.5)*	*7-8 (17.5-20)*	*8-9 (20-22.5)*	*9-10 (22.5-25)*	*10-11 (25-27.5)*	*11-12 (27.5-30)*	*12-13 (30-32.5)*	*13-14 (32.5-35)*	*14-15 (35-37.5)*	*15-16 (37.5-40)*	*16-17 (40-42.5)*	*17-18 (42.5-45)*
5																		
13	15	18	8	4														
25	4	10	2	4	2		2	1										
38	6	2	10	7	1	3												
42	2	14	4	5	1	1	1											
44	28	8	5	5	4													
65	9	8	8	3	3	4	1	1										
70	1	3	4	10	3	1	3	1	1									
80	5	5	6	8	1	1												
105			1	4	3	2	2	2	1		2	2						
115	7	6	3	7	5	6	1	1										
119	1	2	7	9	6	9	2	1										
130	1	1	1		1	4		1	2	1		1	1	1		1		
155	3	3	7	1	3	4	1	4	1	1						1		
*160	37	18	5	1														
170										3	2							
185				2	1							1		1	1			1

et le diamètre des individus de chaque espèce (tableau V). On constate sur ce plan que les individus les plus gros se retrouvent principalement en altitude, loin des sentiers de parcours des Amérindiens. On peut noter, de plus, que le pic d'abondance du nombre d'individus retrouvés à 160 mètres d'altitude correspond à l'apparition de l'épinette noire sous forme de candélabre.

L'absence presque complète d'épinettes érigées sur les sommets n'est pas le seul fait d'une augmentation de l'exposition à l'action érosive et létale des vents froids, mais en plus le manque de matériel meuble. L'abondance locale d'épinettes rases dans la section centrale du transect doit aussi s'expliquer par l'influence d'autres facteurs, comme l'opportunité de dispersion et d'implantation des graines à un moment et à un endroit propices. Il semble que les conditions climatiques du domaine forestier de la toundra forestière permettent l'implantation et le

Figure 11. Distribution des arboraies et des arbres isolés le long du transect à Poste-de-la-Baleine.

Figure 12. Combe à neige d'exposition nord le long du transect à Poste-de-la-Baleine.

en d'arboraies, là où existent des :ions édaphiques favorables. Les ations dans l'abondance des coni- sur les versants sont géné- ent associées aux conditions iques. La distribution des arbres l'assez près la distribution des iaux meubles (fig. 10 et 11). fois, dans certaines situations, igement maximum du versant é au nord favorise la formation de es et la disparition des espèces escentes, comme c'est le cas vers nètres d'altitude (fig. 12). L'ab- d'arbre est due à une saison de ation trop courte.

nsemble des milieux montre que stribution des conifères est as- davantage aux propriétés du at plutôt qu'à celles de la neige. lernières sont en grande partie on de la topographie et des types égétation, lesquels déterminent sité de l'exposition éolienne. Ceci e que le faible enneigement des exposés du domaine forestier d de la présence de structures s, incapables de retenir la neige. plan, il est utile de souligner que nes vallées forestières étaient à ne aussi exposées que les som- C'est le cas notamment de la ittorale à *Elymus,* éventuellement acée par des formations fores- à *Picea glauca.*

Conclusion

nsemble de ces résultats per- e souligner:

u'au sein d'une même unité opographique (a) il existe un gra- ient d'enneigement organisé en onction d'un gradient de struc- ures végétales: structures hau- es – fort enneigement et struc- ures basses – faible enneige- ient; (b) les arboraies conifé- ennes sont cependant moins en- eigées que les arbustaies à cau- se d'un feuillage dense intercepant efficacement les précipitations nivales; (c) il existe un gradient de densité de la neige organisé en fonction d'un gradient de structures végétales: structures hautes – densité faible et structures basses – densité élevée.

Ceci signifie que les structures de végétation fonctionnent à des degrés variables d'efficacité comme «piège à neige» et comme écran contre l'exposition éolienne;

2) que ces relations générales sont modifiées plus ou moins fondamentalement au sein d'un ensemble d'unités topographiques distinctes, lesquelles déterminent avec la topographie des structures végétales des seuils d'enneigement variables: saturation topographique;

3) qu'une telle saturation topographique influence la forme, la hauteur et l'emplacement de nombreuses structures végétales exposées aux vents érosifs. Des changements dans la géographie des structures végétales déterminent des modifications des seuils d'enneigement;

4) qu'une telle saturation topographique règle plus efficacement la distribution des diverses densités de neige que peuvent le faire les structures de végétation prises isolément.

Il est important de signaler que les variations observées dans les profondeurs et les densités de la neige de certaines structures de végétation répondent en partie au degré de généralisation élevé des unités taxonomiques. Il y aurait lieu de subdiviser davantage les unités d'échan-

tillonnage dans une étude plus détaillée.

Enfin, l'influence de la neige sur la végétation est difficile à estimer, si on ne tient pas compte de la conjonction de plusieurs variables, comme la température, le vent, le sol et l'écologie de la dispersion des espèces arborescentes. Les caractéristiques du tapis nival nous permettent d'avoir une vue générale de la relation neige-végétation. Ces caractéristiques ont une valeur synthétique, de sorte qu'il faut recourir à des études sur la dynamique de l'enneigement et du déneigement en relation avec la végétation et le relief (L. Filion, en préparation). Les fluctuations annuelles des propriétés nivales reliées directement aux conditions climatiques peuvent être confrontées avec les fluctuations d'implantation, de croissance et de développement des espèces conifériennes.

Remerciements

Cette étude a pu être réalisée grâce à une subvention du Conseil national de recherches du Canada.

Références

BALDWIN, H.I., 1957. The effect of forest on snow cover. Proc. east. Snow Conf., 18-22.

BEAUMONT, R.T., 1967. Field accuracy of volumetric snow samplers at Mt. Hood, Oregon. Physics of Snow and Ice. Int. Conf. on Low Temp. Sci. Proc., Vol. I, Part 2, 1007-1013.

BILLINGS, W.D. and L.C. BLISS, 1959. An alpine snowbank environment and its effects on vegetation, plant development, and productivity. *Ecology*, 40: 388-397.

GARDNER, J., 1964. Snow survey in the Shefferville vicinity, winter 1962-1963. M.S.A.R.P., N° 18, 49-55.

HARE, F.K., 1959. A photo-reconnaissance survey of Labrador-Ungava. Geogr. Branch, Mines and Tech. Surv., Ottawa, n°6 : 1-83.

HUSTICH, I., 1966. On the forest-tundra and the northern tree line. Rep. Kevo Subartic Sta. 3, Ann. Univ. Turku A. II, 36 : 7-47.

MATTHEW, E.M., 1961. The snow survey at Knob Lake, winter 1959-1960. M.S.A.R.P., n° 11, 90-99.

MATTHEWS, B., 1962. Snow conditions at Schefferville, winter 1960-1961 : with special reference to the effects of wind on the pattern of snow accumulation in a muskeg area. M. S.A.R.P., n° 12, 65-75.

PAYETTE, S., 1973. Contribution à la pédologie de la zone hémi-arctique : région de Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec. *Naturaliste can.*, 100 : 123-163.

PAYETTE, S., et B. GAUTHIER, 1972. Les structures de végétation : interprétation géographique et écologique, classification et application. *Naturaliste can.*, 99: 1-26

PAYETTE, S., et D. LAGAREC, 1972. Observations sur les conditions d'enneigement à Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec, hiver 1972. *Cah. Géogr. Québec*, 16:469-481.

ROUSSEAU, J., 1952. Les zones biologiques de la péninsule Québec-Labrador et l'hémi-arctique. *Can. J. Bot.*, 30 : 436-474.

ROUSSEAU, J., 1968. The vegetation of the Quebec-Labrador Peninsula between 55° and 60°N. *Naturaliste can.*, 95 : 469-563.

THOM, B. G. and H. GRANBERG., 1970. Patterns of snow accumulation in a forest-tundra environment, Central Labrador-Ungava. Eastern Snow Conf. Proc., 76-86.

WHITTAKER, R.H., 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.*, 49 : 207-264.

WOODCOCK, J.R., 1960. Geology of the Richmond Gulf area, New Quebec. *Proc. geol. Ass. Can.*, 22-39.

REVUE DES LIVRES

B. C. (editor). **Systems analysis and simu-
in ecology.** Volume 2. Adademic Press,
ork. 592 p., ill. Cloth-bound, $29.50.

ms analysis" currently enjoys a some-
narkable popularity amongst ecologists.
re, systems analysis techniques are being
d in numerous other endeavours, ranging
ilitary and management to medical,
rarely reads such extravagant claims
s effectiveness as in ecological literature.
ok under review is one long panegyric
use of the "systems approach" in ecol-

nt day systems ecology is explo-
engaged in a search for central themes,
s, and methods.", one reads in the
preface. Very noble aims that would
honest scientist. Reading on, however,
that the systems approach in ecology
t been responsible for important disco-
either of fact or generalization". But:
is in progress is a gradual paradigm
aralleling a similar turn to systems in
reas of science." Modelling is very
too: "modelling, as structured thought,
n established as competitive with other
nodes of conceiving and elucidating sci-
problems." For modelling "provides
rational medium for drawing out and
ng insights." On reading this, one might
how scientists have ever been able to
out systems analysis. Or are these just
usiastic but unfounded claims of a sa-
using the rhetoric of commercials that
ome such a standard part of the Am-
liom?

s take a more careful look at the
of the "systems ecologists". We first
differentiate between "systems analy-
used in this book and a discipline
as "mathematical systems analysis".
er is a formal study of the properties
ral dynamics systems, i.e. entities satis-
certain set of axioms. Systems analysis,
used by the authors of this book, seems
more to a particular approach then
thematical discipline. Its general charac-
seem to be its reliance on large elec-
omputers to mimic apparent cause-effect
and its pragmatic nature. Complexity
according to this view, because of a
le of interactions between relevant para-
One cannot change one parameter with-
dvertently changing many others. The
picture is one of a great number of
ted cause-effect chains (cf. the block
diagram). But the fact that the relevant interactions are usually depicted as cause-effect chains indicates that there exists already a theoretical framework, for the causal chain explanation presupposes theoretical notions. Problems which are complex in this sense, can usually be regarded as design problems : given a number of entities, the properties of which are known, how to put them together so that they will function in a determined way. Most of the problems that applied ecologists work with are of this kind : given a population of crop plants or animals, and its environment, how to change the population and the environment (within certain constraints) to maximize yield. It is in this kind of situations that such relatively recent techniques as linear and non-linear programming, optimal control theory and systems analysis are fruitfully applied.

In situations where there is no well developed theory yet, and such situations abound in ecology, it is rather hard to justify the use of the methods of the "systems ecologists". It can of course be argued that through series of successive approximations and aided by intuition these methods may lead to the development of new theories. But experience suggests that an excessive preoccupation with computing tends to be a rather sterile approach. And the "systems ecologists" would do better to follow the advice of the German mathematician Peter Lejeune-Dirichlet: "Try to substitute ideas for calculations". Fortunately not all of the contributors to this volume seem to share the editor's opinions on theory and method. Some sections are quite readable and useful, as might well be expected in such a thick book (592 p.). Against many of them, however, I have serious objections.

The book consists of 12 papers arranged in four parts, each part preceded by a short introduction by the editor. The first part consists of only one paper and is announced as *An introduction to systems science*. The authors of this paper apparently assume that one day systems science will usurp ecology and eliminate the need for original thinking, for they write that validity structured "models, and the rules for constructing them have as yet not appeared in systems ecology literature". Or do they mean to say that all models published in the "system ecology literature" are "invalidly structured" (whatever that may be) ? The paper continues in this style until the authors reach firmer ground and describe some of the standard engineering techniques, mainly centered around the state space approach. They use some familiar ecological examples to illustrate the methods (one wonders

whether they are "validly structured"), and they give a short list of suggested readings on the use of system techniques in engineering.

The second part of the book is entitled : *The ecosystem : systems analysis*, and starts with a paper by Brylinsky on steady state analysis of energy flow in a marine ecosystem. Brylinsky shows the possible usefulness of this approach, provided a reasonably adequate model is available. Unfortunately the compartment model Brylinsky used had many defects, as the author readily admits. Child and Shugard performed a frequency response analysis of magnesium cycling in a tropical ecosystem. They used an engineering technique, Bode analysis, to investigate the frequency responses of their compartment model. Their discussion is clear though somewhat wordy. H. T. Odum follows with a lengthy paper dealing with the energy circuit language that he has already expounded in his latest book. I am not convinced of its usefulness in ecology.

In the next paper, by R. B. Williams, we are told that the mathematics of nonlinear systems "is poorly understood". The author shows which models of a certain restricted class of non-linear models, are feasible (i.e. have one or more steady states). G. L. Gallopin uses graph theory to formalize food web relationships in what must be the best written and ecologically soundest paper in this collection. Shugard and Patten end this section with a paper in which they try to quantify niche width and niche overlap using Mahalanobis D^2-statistic. In their explanation of the D^2-statistic one encounters the surprising statement that, given a matrix $\sum$, a matrix A, such that $AA' = \sum$, exists if $\sum$ is normally distributed, the prime denoting transposition). Apart from the fact that a matrix cannot be normally distributed, all that is required is that $\sum$ be non-negative definite, which is evidently the case if it is a covariance matrix, as it is here. For the rest this paper makes interesting reading and the ideas presented here should certainly be explored more widely.

The last part of the book is concerned with applications and prospects. This is by far the weakest part of the book. The papers collected in this section have all the defects that are giving systems ecology a bad name : poor mathematics and a cumbersome jargon (a fishing boat is called "a fishing system, consisting of a fishing platform, propulsion machinery, and fish capture and handling gear"), and plain nonsense ("In general when one applies information toward a defined goal (prediction) one is dealing with a problem in systems analysis and not in empirical science.") There are masses of irrelevant technical details, culminating in a more than 50 pages long paper on the use of systems methods in environmental court actions, which reproduces lengthy extracts *of the courts proceedings*.

Especially the last two papers (*System logy and human society* and *Next gen models in ecology*) should not have been at all, let alone published. Examples of reasoning abound : in both papers it is that man is part of nature and cannot nature's laws: "the complexity of his in no way invalidates his vulnerability t logical and thermodynamic principles other words, the author holds the erro view that natural laws are prescriptions, than descriptions. Also: "Feedbacks te lend stability", which is, as it stands, again.

The introductions to the four parts, by the editor, are superflous, confusing often erroneous. I cannot see, for instance "The mathematical properties of no systems are just not consistent with the mics of real systems" (p. xii). As is pointed out 21 pages further in the book rical trajectories of a real system do not or even usually, coincide with state spa jectories (p. xiii). Simple models are n cessarily unrealistic (p. 79), and I doul "mathematical modelling is inherently (p. 329).

In conclusion, then, one is tempted that the reasonable sections of this bo submerged by a deluge of trivialities, p tious but hollow formulations, and meth gical and scientific naivity. The book is f more priced (and written) for ecologist fabulous research grants. Even they think twice before they buy it.

Robert VAN H

Department of Plant Sciences
University of Western Ontario
London, Ontario

KRUTILLA, J.V. (editor), 1972. **Natural vironments**. Studies in theoretical and plied analysis. The Johns Hopkins Univ Press, Baltimore and London. viii + 3 ill. 15.5 × 23.5 cm. Relié, $16.50. Dis au Canada par The Copp Clark Publi Company, Montréal.

Bien avant le Québec, les Etats-Unis ont leur « Jacques-Cartier » et leur « Baie-Ja Storm King, Hells Canyon, Trans-Alaska Pi Cassatot évoquent des conflits d'utilisation ents qui ont fini par être soumis à la cou controverses entre groupes de citoyens dé de protéger l'environnement et ceux qui v utiliser ses ressources furent si intenses risque des décisions des agences gouvern tales si grand, qu'il est apparu importa pouvoir analyser objectivement de tels prob grâce aux résultats de recherches appro

) mieux informer les autorités auxquelles ıent les décisions administratives et ainsi es routes tortueuses et coûteuses, de la

'oblème est difficile, mais non insoluble. Il actuellement, ses méthodes d'analyse et des résultats disponibles qui méritent ıignalés. C'est d'ailleurs le but principal de me. Il réunit, dans un premier tour d'hori- ɔuf contributions concernant, d'une part, blèmes de la préservation de la valeur es- ɔ de l'environnement et, à l'opposé, les lestructeurs de l'utilisation des ressources ĸ exploitations forestières et minières, à la ıction des barrages hydroélectriques, etc.

; le premier chapitre, Fisher, Krutilla :chetti développement, à l'aide de la du contrôle de l'optimum, des cri- pouvant servir de base aux décisions nant le choix entre plusieurs alternatives ation des ressources, aux conséquences ɜibles. Des décisions de ce type sont lièrement graves et les critères con- ınels utilisés pour les choix dans de telles ɔns, souvent empreints de myopie.

changements technologiques peuvent-ils ncer les coûts-bénéfices relatifs du rtement produit par les agréments de ɔnnement? Smith nous livre, dans le deu- chapitre, la réponse à cette question ıuite d'une recherche théorique entrepri- ce sujet. Mais la valeur d'environnement pour la récréation, par exemple, dé- aussi de l'intensité de son utilisation. A ɔn de personnes faut-il permettre d'utili- ı territoire donné en un temps donné? ir de quel moment l'intensité de l'utilisa- a diminuer la possibilité d'une récréa- déquate? Cette limitation dépendra-t-elle :on définitive du comportement des va- rs? Ce sont les préférences et l'attitu- quel groupe qui vont présider à l'é- ɜment et à l'administration d'une zone ɟe? Les contributions des chapitres 3, 4 et ɔnt les divers aspects de ces questions.

agréments de la récréation en plein air ne videmment pas confinés aux terrains pu- s, voire, dans le cas des oiseaux migrateurs, 'itoire d'un seul pays. Cela pose des prob- compliqués qui tendent à diminuer l'ef- ɔ de l'aménagement de la ressource. Dans ıtième chapitre, Brown Jr. et Hammack rennent la difficile tâche d'évaluer le coût et les gains apportés par la production et ıse des oiseaux migrateurs. Ils arrivent fina- , à l'aide d'une méthode analytique permet- identification des variables-clés pour les- ɜ il faut disposer de renseignements, à l'éla- ɔn d'un modèle décisionnel qui peut être ıment utile aux aménagistes.

Les trois derniers chapitres sont consacrés aux méthodes d'évaluation et de classification des milieux aquatiques et de l'esthétique du paysage. Ce dernier aspect est considéré comme une nouvelle ressource qui mérite la même attention que les ressources traditionnelles de l'environnement. Les modifications du paysage qui ont des conséquences négatives pour son esthétique dégradent, soutient Litton Jr. dans le huitième chapitre, la qualité de l'environnement autant que les types conventionnels de la pollution. Il tend alors à développer une méthode et une nomenclature nouvelles pour l'analyse de l'esthétique du paysage qui permettrait aux aménagistes et aux juges de se comprendre. Une telle classification a-t-elle des attributs d'objectivité ou est-elle biaisée par des perceptions personnelles? C'est ce qu'essaie d'établir Craik, dans le dernier chapitre du volume en testant la validité de la méthode de Litton. A l'issue de ce test, il apparaît que toutes les dimensions de la perception visuelle ne sont pas du même niveau pour tous et que dans ce domaine il reste encore des travaux à accomplir avant que soit atteint le niveau de confiance qui caractérise l'aménagement des ressources traditionnel.

A la lecture de ce livre, il ressort que l'environnement naturel, malgré les progrès accomplis, reste encore un champ fertile pour la recherche et que le contenu de ce volume tout en se prêtant à une application pratique immédiate peut également servir de point de départ à d'autres analyses qui aboutiront, éventuellement, à l'établissement de règles plus strictes de gestion de l'environnement. Sa lecture sera donc profitable autant aux chercheurs et aux administrateurs préoccupés par l'aménagement et l'utilisation des ressources qu'aux groupes de personnes de bonne volonté vouées à la défense de l'environnement dont l'argumentation, souvent sentimentale, gagnerait à devenir plus rationnelle.

Miroslav M. GRANDTNER

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

SHIMWELL, D.W., 1972. **Description and classification of vegetation**. Coll. *Biology series*. University of Wahington Press, Seattle, xiv + 322 p., ill. 14.5 × 22.0 cm. Relié, $10.50.

L'étudiant qui se trouve face au problème de la description et de la classification de la végétation a, de nos jours, l'embarras du choix, tellement les méthodes disponibles sont nombreuses. Doit-il opter pour les méthodes quantitatives ou qualitatives, physionomiques ou structurales, descriptives ou fonctionnelles, ou bien la végétation serait-elle rebelle à toute classification étant donné que ses composantes formeraient un continuum? Le livre de

Shimwell est en mesure, sinon de le tirer d'embarras, du moins de l'aider sérieusement à faire son choix.

C'est une sorte de revue des méthodes phytosociologiques et écologiques modernes, abondamment illustrée d'exemples et rédigée dans un esprit critique. Le livre est divisé en huit chapitres intitulés : (1) description quantitative des populations d'espèces, (2) association, formation, classification et confusion, (3) description physionomique, fonctionnelle et structurale de la végétation, (4) structure dans le temps, (5) quelques exemples des méthodes structurales fonctionnelles, (6) méthodes floristiques de la description de la végétation, (7) gradients et continua, (8) comparaison et conclusions.

Quelle est la meilleure méthode de classification de la végétation? Les résultats des études comparatives montrent que : (a) il n'y a pas de meilleure méthode en général et (b) que compte tenu du temps nécessaire et des renseignements obtenus, les méthodes phytosociologiques traditionnelles permettent une meilleure compréhension générale de la nature complexe de la végétation. L'auteur arrive à d'autres conclusions. Il croit que la période de la diversification des idées et des méthodes pour la description et la classification de la végétation est terminée et que l'élaboration des techniques utilisant les calculatrices électroniques devrait se cristalliser autour des méthodes basées sur la division, agglomération et ordination.

Un livre pratique et utile pour quiconque s'intéresse aux problèmes de la description et de la classification phytosociologique de la végétation.

Miroslav M. GRANDTNER

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

HARBORNE, J.B., (editor), 1972. **Phytochemical ecology**. Ann. Proc. Phytochemical Society 8. Academic Press, London and New York. xiv + 272 p., 28 tab., 78 fig. 23.5 × 16 cm. Clothbound, $15.00 U.S.

The 1971 Annual Symposium of the Phytochemical Society was concerned with the ecological roles of "secondary" plant metabolites, emphasizing that these substances are not simply metabolic byproducts or accumulated wastes. Six of the papers presented deal with plant-animal interactions. M. Rothschild reveiws recent information on plant — toxic insect — bird predator relationships while J.M. Cherret and H.F. van Emden respectively discuss chemical factors in plant attack by leaf-cutting ants and by aphids. Chapters by E.C. Bate-Smith, by T.A. Rohan and by G.W. and J. L. Hill deal with "flavour" as tor in food selection by higher animals, e zing the lack of an adequate terminolo describing flavour, the problems of r flavour to chemical composition and the plications in assessing animal reactions vour. The biochemistry of various tox presented in five papers. Cyanogenic glyc are discussed by D.A. Jones, aflatoxin b Moss, selenium by A. Shrift, toxic amino of *Leguminosae* by E.A. Bell and *S* alkaloids by A.R. Mattocks. The last chapters present different aspects of ch factors in plant-plant relationships. C.H. and C.H. Chou review the roles of phyto in competition among higher plants. alexins as factors in disease resistance, p larly as related to the hypersensitive re to pathogenic attack, are discussed by B. verall while W.G.H. Edwards presents d the roles of root exudates in parasitism gher plants, particularly of the *Orob* and *Striga* genera.

While it could be argued that this would have benefited from the inclusion introductory chapter rather than a brief and that the order of presentation of the ters could perhaps be improved, the book relatively little from the coverage and con problems inherent in symposium publi The individual articles are well-written a quality of printing, illustrations and bind very good. Assuming that there still biologists who limit the chemical factor environment to plant nutrient relationship toxic concentrations of elements in th the book should accomplish its stated ob of destroying this comfortable illusion. A as providing a valuable state-of-the-art the complex, various and often critical of secondary metabolites presented here imply major potential for ecological i The approach to this problem outlined H. Muller and Chang-Hung Chou seems tic. When "conventional" readily-evaluate ronmental factors fail to adequately expla system phenomena, examination of chemica actions is required.

Carl H. W

Laurentian Forest Research Centre
Canadian Forestry Service, Québec

ZWINGER, A.H. and B.E. WILLARD, **Land above the trees.** A guide to am alpine tundra. Harper and Row, New xviii + 489 p., 45 photos h.t. 16 × 2 Relié, $17.25.

Aux yeux des auteurs, ce volume vien bler le vide laissé dans la littérature

nord-américaine par l'absence d'ouvra-
ınsemble sur la toundra alpine. Le volume,
en trois parties inégales, nous introduit
'd au monde alpin, nous promène ensuite
les aires de toundra alpine des Etats-
et se termine par la présentation des
unissant l'homme à la toundra alpine.
tiellement descriptif, cet ouvrage perd
'apidement de sa crédibilité scientifique
ne plus être qu'un traité d'écologie
ə, véritable ode sentimentaliste à une
encore vierge : « la toundra est la terre
time liberté » (p. 56).

gré des titres de chapitre très pro-
ırs, nous n'obtenons que des bribes d'in-
tion scientifique noyées dans une argu-
ıtion toute vouée à l'emploi de compa-
s puériles. Ainsi les auteurs traduisent
ılence des orages alpins par le fait que
rêle blanchit le sol comme des poignées
pioca et rebondit sur les roches comme
ɔpcorn » (p. 16). L'abondance des mousti-
et des mouches noires est soupçonnée
lecture de la phrase suivante : « Aussitôt
ə posais sur le sol mon carnet de notes
e, une douzaine de mouches noires s'y
: trouvant que c'était une fleur bien insa-
ante » (p. 41), alors que le rythme de
ıtion biologique de la toundra est compa-
ı « glissement du métronome à l'extré-
ıbsolue du pendule » (p. 54).

s ceci est quantité négligeable à côté
ı description des krummholz « rassem-
en îlôts boisés, comme des enfants
lant l'autobus scolaire, un matin glacial »
50) devenant subitement « d'héroïques
ers, sorte de Valhalla sylvestre » (p.
ılors qu'« un champ de blocs erratiques
nble à un amas de roches abandonné par
s de géant que l'on vient d'appeler pour
» (p. 62), que « les buttes gazonnées
ıne enluminure d'un manuscrit du XVe siè-
(p. 82) et que le « sol ressemble à
ıpis persan » (p. 160). Nous ne saurons
davantage pourquoi « les marmottes ont
joûts catholiques » (p. 132), ni pourquoi
ı est ventriloque » (p. 231).

est encore possible de montrer une cer-
indulgence vis-à-vis de tels excès, il
pas permis de passer sous silence certai-
rreurs émaillant le texte. La toundra n'est
seulement représentée par « les éten-
herbacées de l'arctique sur pergéli-
(p. XV) ; en effet, la toundra du Nouveau-
ɜc s'étale, pour une grande part, dans
ne du pergélisol discontinue et est, avant
constituée d'affleurements rocheux, de li-
ıies et arbustaies alors que les herba-
se localisent dans des stations à drai-
ralenti ne constituant qu'une faible part
ensemble. Le phénomène de coloration
ıévés par des algues microscopiques n'est
ıniquement un phénomène de montagne
6) car il est aussi très fréquent dans
l'Arctique canadien. En l'absence du photopé-
riodisme annuel si particulier aux terres arcti-
ques le climat de la toundra alpine des hauts
sommets américains, hormis ceux de l'Alaska,
ne pourra jamias être qualifié de climat arcti-
que duquel il diffère encore par la qualité
du rayonnement solaire. Même si le rythme
d'évolution des communautés végétales
de plaine est plus rapide que celui de la toundra
alpine, sauf cas exceptionnels, la durée de leur
reconstruction ne sera jamais « égale au
temps pris pour les perturber » (p. 50). Une
pessière noire à mousses hypnacées ou une
érablière laurentienne se reconstruisent-elles
au même rythme qu'un feu, qu'une coupe
ou qu'un chablis les détruisent? Qu'advient-il
alors de la notion de chronoséquence et de
dynamisme de la végétation? Si besoin était,
nous pourrions encore regretter l'absence des
noms scientifiques de plantes ou d'animaux dans
le texte même s'il existe un glossaire complet
à la fin du texte. Nous regretterions surtout
les illustrations caricaturales (elles occupent
le tiers du volume) desquelles il est impossible
de dégager un seul caractère spécifique dé-
terminant (voir particulièrement les saxifra-
ges, p. 126 et 127 et les bryophytes p. 231 et
232 qui sont particulièrement méconnais-
sables). Dans la troisième partie, les auteurs
ne peuvent, avec d'aussi faibles arguments, nous
convaincre des graves dangers menaçant l'é-
quilibre de la toundra alpine des Etats-Unis
quand nous connaissons l'utilisation imminente
de la toundra arctique nord-américaine.

Aucun scientifique ne peut trouver matière
à satisfaction dans cet ouvrage au titre et
à la présentation extérieure des plus invi-
tants; seuls, peut-être, quelques inconditionnels
de l'écologie sentimentaliste vibreront au lyrisme
épique de certaines descriptions.

Jean Pierre DUCRUC

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

NEIBURGER, M., J.G. EDINGER & W. D. BONNER, 1973. **Understanding our atmospheric environment**. W.H. Freeman and Co., San Francisco. xi + 293 p., ill. 18 × 26 cm. Relié, $10.95.

Ce nouveau manuel de météorologie vise un but bien précis. « L'accent est sur la compréhension : fournir à l'étudiant les explications physiques des phénomènes atmosphériques ». De plus, il s'adresse à un public bien spécifique : « les étudiants qui graduent dans une discipline autre qu'une science physique ». Avec ce but et cette contrainte, les auteurs se sont attardés, avec raison, à bien expliquer les processus de physique qui sont à l'oeuvre dans l'atmosphère, et à éviter les démonstrations mathématiques qui dépassent l'al-

gèbre élémentaire (ce qui n'est pas mal, même pour un étudiant d'une discipline physique : certains se perdent assez souvent dans le dédale des encadrements mathématiques et oublient de pénétrer l'intelligence des phénomènes). Les éléments classiques de la météo (nuages, température, rayonnement, vapeur d'eau, masses d'air, fronts et cyclones) sont accompagnés de quelques notes historiques éclairantes et de précisions techniques fort pertinentes, par exemple sur le soi-disant « effet de serre » (p. 61) et le concept d'humidité relative (p. 135-137). Notons les excellentes discussions sur le rayonnement (ch. 3), sur les vents et la circulation générale (ch. 7), sur la vapeur d'eau et la précipitation (ch. 8). A la suite des chapitres de base de la météorologie ont été ajoutés des chapitres spéciaux sur la prévision, sur la pollution de l'air et sur la modification du temps, chapitres qui se présentent comme une introduction très élémentaire mais lumineuse à ces trois sujets. Pédagogiquement, le livre mérite une mention spéciale : il fait appel à des illustrations claires, recourt à de remarquables photos-satellite, provoque la participation de l'étudiant au moyen de questionnaires à la fin de chaque chapitre et offre des appendices fort utiles sur les unités de mesure et les facteurs de conversion, sur les constantes numériques, sur les symboles des cartes météorologiques et même sur l'alphabet grec! Somme toute un excellent manuel d'introduction à la météorologie, moderne, simple et élégant.

Conrad EAST

Centre de recherche écologique
Université du Québec à Montréal

SPARKS, W.R., 1972. **The effect of thermometer screen design on the observed temperature**. Secretariat of the World meterological organization, Genève. 106 p., ill. 21 × 27.5 cm. Broché, prix non indiqué.

L'OMM (Organisation météorologique mondiale) a publié en 1972 la note technique 315 traitant de l'influence des différents types d'abris météorologiques utilisés dans divers pays du monde sur les observations de température de l'air. La publication est constituée principalement de descriptions succintes (en 11 points) des différents abris classifiés par pays, les pays qui utilisent plus d'un type d'abri, ayant fourni les descriptions de chacun. Ces descriptions, qui sont aussi accompagnées de photos très bien reproduites en général, donnent des détails précis sur des points tels que les dimensions intérieures des abris, les matériaux qui les constituent, la hauteur des réservoirs des thermomètres par rapport au sol, *etc...*

La première partie de la note 315 est co crée à une analyse des caractéristiques abris influençant les mesures de tempér de l'air et comprend des références biblio phiques élaborées sur le sujet. L'auteur p en revue les divers types d'abris conçu utilisés depuis le début du siècle sous rents aspects : comparaison d'instruments id ques, caractéristiques des abris à ventil forcée par rapport à celles des abris cl ques à ventilation naturelle, comparaison l'abri tropical et de l'abri traditionnel « Stevens etc. Toute cette description et comparaison semble très complète, bien que la chr logie des modifications successives aux déjà existants et de l'apparition de nouv abris soit assez laborieuse à suivre.

Une section est consacrée aux facteurs mêmes qui exercent une influence sur les te ratures relevées sous abri, à savoir la couleur, position, l'inertie thermique et la distrib des températures dans l'abri. Nous aurions être souhaité voir cette partie traitée longuement, en regard de l'importance acco à la section décrivant les divers modèles d Il reste que cette section aborde les points précision et clarté.

Dans l'ensemble donc, la note technique de l'OMM répond à un besoin, celui de le point sur toute la question des abris m orologiques et de comparer, de façon somr au moins, la multitude de modèles ut historiquement et géographiquement ; elle a le mérite de faire voir les points impor et de dégager l'essentiel en ramenant tou modèles à des types principaux.

Michel FERL

Ministère des richesses naturelles
Service de la météorologie, Québec

BIRD, J.B., 1972. **The natural landscape Canada**. A study in regional earth sci Wiley-Canada, Toronto. xvi + 191 p., 7 80 fig., 56 pl. 17.5 × 25.5 cm. Relié, non indiqué.

Personne n'ignore combien la vastitud Canada est difficile à saisir dans son en ble et dans son contenu. Il s'avère e plus difficile de la traduire dans un ou illustré surtout si ce dernier est consacré paysages naturels et totalise moins de deux pages. Rien d'étonnant alors qu'au premier d'oeil l'ouvrage de J.B. Bird déçoive le le En réalité, *The natural landscapes of Ca* présente un intérêt certain et rendra les services aux étudiants, aux enseignan à toute autre personne cultivée dési d'en savoir davantage sur la nature et l'o des paysages canadiens.

/rage comprend deux parties. La première ıges) a une portée générale et traite ıada dans son ensemble. L'auteur trace l les grandes lignes de l'évolution géologique eu, ce qui permet de mieux comprendre e des paysages actuels: puis il s'attarde, longuement, sur la dernière période ique de durée relativement courte: un d'années, appelée le Quaternaire. Quatre es y sont consacrés: *the great Ice Age; ınery of the glaciations; the glacial lakes; ınging sea level.*

econde partie (115 pages) est consacrée ndes régions naturelles dites «physiographi- du Canada, qu'il vaudrait mieux appeler ndes unités morpho-structurales, qui sont ellement celles du craton, i.e. du Bouclier ın et celle des *bassins sédimentaires ant ce dernier et désignée sous le nom* ıions bordières: (1) elles comprennent ıses et les hautes-terres des Appalaches Acadie, (2) les grandes plaines intérieures, du Saint-Laurent, des Prairies, de la ri- .a Paix, du Mackenzie, des mers d'Hud- de Foxe); (3) la cordillère des Rocheu- ıautes montagnes de l'est, plateaux in- ; et chaîne côtière); (4) la région t avec ses hautes et ses basses-terres, la plaine côtière de l'Arctique. Dans ıpitres 7 à 13, l'auteur s'efforce de faire ir les traits distinctifs de l'une et l'autre ; parlant tantôt des paysages sculptés e roc tantôt de ceux façonnés par les ; ou les mers et les grands lacs qui sui- e retrait des glaciers.

que l'illustration soit relativement abon- et aère bien le texte, elle demeure nette- nsuffisante, notamment en qualité, pour 'rage consacré aux paysages et se révèle déficiente. Les figures au trait fin, entre sont dans l'ensemble d'une simplicité nte qui ne tient nullement de l'art de ı; quelques-unes sont superflues voire mê- ıtiles. Le système de mesure britannique témoigne d'un conservatisme regrettable ue le mariage occasionnel, probablement taire, du métrique et du britannique ne rien d'heureux (p. 149). L'auteur fait tou- ɔreuve d'un certain modernisme en ran- le *glaciel* parmi les processus péri- 'es (p. 155) mais lorsqu'il parle des « sand ı » de la côte sud du Saint-Laurent, eur aimerait savoir où il a puisé ses ınements. A notre connaissance, les fentes ɔturbation fossiles du Québec méridional ıt des « sand wedges » de Péwé ıt pas exactement la même signification ɔ-climatique.

; l'ensemble l'ouvrage semble relever da- e de lectures choisies et du commentaire 'tes appuyé de nombreuses randonnées ques à travers le pays que d'une con- ıce approfondie et intime du milieu ou du terrain. Par ailleurs, il témoigne de beaucoup de prudence. Le titre lui-même porte à interrogation et justifie le sous-titre. Quand l'auteur nous parle des fameuses « surfaces de dénudation» et des pénéplaines, (objet de passionnantes et interminables discussions, il y a plus de trente ans en France et en Allemagne), on est porté à sourire. Les tenants de la géomorphologie moderne souhaiteraient que l'auteur aborde les questions avec une conception fort différente, qu'il propose davantage d'explications et ne se limite pas exclusivement à une simple énumération de faits déjà connus. La part faite au Quaternaire est importante, mais se révèle très souvent un condensé de la synthèse de Prest de de la « carte glaciaire » du Canada.

Quoiqu'il en soit, cet ouvrage, modeste par son contenu, donne le goût d'en savoir davantage et fait ressentir, avec amertume, l'absence d'ouvrages de base d'envergure consacrés aux régions naturelles du Canada. Les quelques études dont on dispose actuellement, notamment celles de Goldthwait pour la Nouvelle-Ecosse, de Blanchard pour le Québec, de Chapman et Putnam pour le sud de l'Ontario, de Holland pour la Colombie-Britannique et de Bird pour l'Arctique, n'ont rien de commun, manquent d'unité, sont chronologiquement déphasées et de valeur très inégale. Malgré ses lacunes, *The natural landscapes of Canada* constitue un effort louable que les géographes canadiens sauront apprécier à sa juste valeur.

Le lecteur québécois regrettera sans doute l'absence de références aux travaux des francophones, l'auteur n'ayant réussi à citer que deux noms, attachés à des travaux ne se rapportant pas au Québec. Mais il serait stupide de se vexer, puisque pour être reconnus, il faudrait d'abord être lus et compris.

Jean-Claude DIONNE

Station de recherches forestières
des Laurentides
Environnement Canada, Québec

LEWIS, J.R., 1972. **The ecology of rocky shores.** The English Universities Press Ltd., London, England. 323 p., 40 tab., 85 fig. 19 × 26 cm. Relié, $15.25.

Le besoin urgent de la description et de l'inventaire biophysique des grandes étendues forestières au Québec a été, jusqu'à présent, la préoccupation majeure de nos phytosociologues. C'est ainsi que la description et l'étude des milieux ouverts: prairies, toundra, rivages rocheux, falaises déboisées... ont été beaucoup moins traités. Pourtant, la péninsule du Québec recèle de vastes régions côtières rocheuses en contact avec les lacs, rivières, ruisseaux, fleuve et mer. La possibilité d'et-

fectuer des travaux écologiques dans de tels milieux est donc très grande, d'autant plus que ces habitats rocheux particuliers présentent une grande diversité dans les phénomènes de zonation, de pattern et de distribution des espèces présentes. Le livre de Lewis *The Ecology of rocky shores,* nous fait découvrir ces milieux rarement étudiés en nous les expliquant. C'est sûrement l'un des premiers ouvrages compréhensifs publié sur la composition animale et végétale de tels types de communautés. Signalons cependant tout de suite qu'il ne traite que des rivages marins des Iles Britaniques.

Lewis, chercheur avant tout, y fait passer son importante expérience biologique de ces habitats ; plussieurs chapitres du livre contiennent les résultats de ses recherches et de celles de ses étudiants. Il réussit alors à nous faire comprendre l'essentiel de cet ouvrage : la distribution et l'abondance d'organismes vivants dans des habitats rocheux soumis à l'action de la mer. leur interaction et les facteurs s'exerçant sur eux : c'est l'écologie dans son sens global. Pour saisir tout cela, le lecteur doit, s'il n'est pas déjà familier, apprendre et retenir une quantité importante de noms d'espèces végétales et animales : algues, lichens, mousses et invertébrés, pour bien suivre le texte et mieux se représenter les différents habitats étudiés dans toutes leurs dimensions.

Le livre se divise en quatre grandes parties. Il contient une introduction qui dépasse largement le sens habituel de ce terme. Y sont exposés les notions de pattern et de zonation des rivages rocheux ainsi que les problèmes de distribution. Il discute, par la suite, les principales variables de l'environnement observables et mesurables qui contribuent à la mise en place de ces unités : marées, vagues, exposition, topographie, substratum, climat, facteurs biologiques et autres. Il traite également des facteurs influençant les distributions locales et géographiques des espèces côtières : température de l'eau et de l'air ainsi que les contenus minéraux de l'eau. Cette introduction à l'écologie des rivages rocheux se termine par une discussion des méthodes employées pour effectuer de telles études et par un historique des travaux qui ont fait progresser la connaissance de ces milieux.

La deuxième et la troisième partie, qui pourraient n'en former qu'une seule sont de nature plutôt descriptive. L'auteur y étudie, successivement, les côtes du littoral marin, des baies et les rives rocheuses à l'intérieur des terres. L'emphase est ici placée sur les principales communautés existantes plutôt que sur l'étude détaillée de localités particulières. Il propose et discute une zonation pour les rivages. Il distingue d'abord une zone sublittorale (toujours immergée), puis une zone littorale (beaucoup plus reliée au terme maritime) partagée en un *bas littoral* et en un *haut littoral (sous-partie qui a le* plus de contact et d'affinités avec la zone terrestre) et final en une zone *supralittorale* (zone située s ment au-dessus du littoral). Chacune de c nes est ainsi décrites en tenant compte c principales caractéristiques : limite en p deur, variations saisonnières, compositio nique et floristique, zonation spatiale. Une part de la discussion descriptive conce zonation basée sur les organismes domi D'excellentes photographies illustrent al zone étudiée puis des schémas de cett me zone nous montre mieux sa compositi espèces et les relations que ces de ont avec les autres zones adjacentes, ain les principaux patterns de distribution. lement des graphiques expriment les v de présence et d'abondance de chacun espèces dans ces milieux.

La quatrième partie, qui couvre le tie livre, discute de la distribution, de la zo et des patterns des rivages marins ro De prime abord, constatant la multiplicit localités où se rencontrent les commu étudiées, leurs sous-zones et les grandes tions dans les proportions des organismes, sommes portés à considérer qu'il n'y de liens biologiques ou physiques commu tre-elles. Cependant, un pattern de base et s'en dégage. L'universalité de la zo des rivages rocheux ne résulte pas d'une distribution dans le monde de la même e aux mêmes niveaux, mais plutôt da périodicité des mêmes types d'organ avec le même mode de vie et approxim ment dans des zones semblables. Le co te dans les différences fréquentes d'h que présentent ces zones résultent dans riation relative d'abondance des espèce quelles sont cependant communes à c zone. Comme résultante finale, nous remar que la zonation est très sensible, à degrés différents, aux changements de l part des facteurs biologiques, physiques d vironnement du rivage. Quant ces diff changements s'exercent dans la même tion, vers le haut ou vers le bas, avec u tensité maximale, il apparait des limite zonation. C'est dans ces pages que bea d'écologistes pourraient puiser avantageus des données sur le concept et l'étude zonation et des patterns de distribution d pèces.

Du dilemme fondamental des survols giques où à cause de la grande dim de l'approche l'on essaie d'amener le p détails possibles et qu'on les submerge des généralisations, Lewis a essayé de dégager. Il a simplifié les généralités pliquant aux grandes variables extérieures tantes mais sans pour autant diminuer la des résultats des expériences. Il a c à montrer comment, à partir de popul locales, nous pouvons les insérer dans l'e ble des grands patterns généraux de zon

distribution. Par le sujet traité et sa ce livre aurait avantage à être lu ; écologistes et les phytosociologues. Il ıe un manuel de base dans le domaine ude des rivages rocheux surtout par le ı de l'introduction et les discussions de et par son importante bibliographie. En ›ar les résultats d'expériences discutés, ribue largement à l'approche méthodo- ı de l'étude des concepts de zonation et ern dans le monde vivant.

Léopold GAUDREAU

ırment d'écologie et de pédologie
ité Laval, Québec

JS, E., 1973. **Fossils and the life of past.** *Heidelberg Science Library,* Vol. 'he English Universities Press Ltd., Lon- Springer-Verlag, New York, Heidelberg, n. x + 194 p. 15 × 23 cm. Cartonné, ıon indiqué.

etit volume rappelle, par ses dimensions, ıparence et son approche du sujet, les s de la série *Science Foundation*. Com- ıteur l'indique dans la préface, il s'adres- profane en la matière et il sera satis- a pu lui montrer que la paléontologie as seulement une science de musée. Une ›t objetif accepté, on doit reconnaître ıuteur remplit bien sa promesse. C'est › sans prétention qui ne suit ni le dérou- historique de la vie ni sa systématique, ıui montre bien les grands problèmes ıulèvent la paléontologie et ses métho- puis la fossilisation, la cueillette jusqu'à l monté dans les musées.

eur touche à presque tous les aspects e fossile ; les plantes, les animaux : inver- et vertébrés, sans oublier les unicellu- ll montre l'importance de plusieurs fossi- ur établir les corrélations stratigraphi- égionales et mondiales ainsi que celles ıtopes pour déterminer l'âge de la roche fossiles. Enfin, l'auteur montre comment des animaux a conduit au concept de ion et termine avec le problème de éogéographie soulevé par l'hypothèse dérive des continents. Il souligne éga- la reconstitution des anciens habitats isant ainsi le lecteur à la paléoécolo-

ı introduction rapide au monde de la paléon- laisse le lecteur sur son appétit. Il n'y de doute que ce dernier cherchera à ›ir davantage, en consultant les ouvrages ı bibliographie.

Yvon PAGEAU

Département des sciences de la terre
Université du Québec à Montréal

GIGNARD, J.L., 1973 **Abrégé de botanique.** Masson et Cie, Paris. 248 p., 147 fig. 13.5 × 21 cm. Broché, $7.00.

La systématique botanique est une science dont l'intérêt a, au cours des dernières années, fortement diminué ; alors que les problèmes de l'environnement et la nécessité d'une meilleure connaissance physiologique ont réorienté les travaux sur les végétaux. Cependant, le besoin de connaître les espèces, de saisir correctement les grandes lignes du monde végétal, leur origine, leur évolution, justifient un maintien et un renouveau de la botanique systématique. Il est difficile de prétendre faire de l'écologie, de l'agronomie, de la biologie, de la pharmacologie... sans quelques connaissances anatomiques, morphologiques, systématiques et phylogéniques des plantes.

Le livre *Abrégé de botanique*, qui aurait pu s'intituler *Abrégé de botanique systématique*, se veut par conséquent un manuel de systématique simple et moderne, où seront décrites les grandes unités de classification végétale, où seront expliquées leurs caractéristiques distinctives et où sera mis en évidence le cheminement des espèces au cours de l'évolution. C'est parvenir à comprendre et à expliquer ce que, trop souvent, nous ne faisons que nommer : les plantes. Cet abrégé n'a pas la prétention de traiter du monde des plantes dans tous ses raffinements, mais il n'en est pas un simple résumé. Ainsi les généralités sont réduites au maximum, les définitions sont concises, les vrais problèmes taxonomiques sont abordés : naissance d'un second périanthe chez les Renonculacées, évolution de l'inflorescence chez les Euphorbiacées ; la fausse feuille des monocotylédones... tout est orienté vers une meilleure connaissance de la classification des plantes et tout ce qui n'est pas directement relié à cela est passé sous silence. Ainsi, chapitre après chapitre, le lecteur connaît d'avantage les espèces, le pourquoi de leur classification, leurs différences et leurs affinités avec d'autres, leur diversification.

L'ouvrage se divise en deux parties principales. La première correspond à des généralités sur l'organisation des végétaux. Ces généralités renseignent sur les grandes divisions du règne végétal, sur les notions essentielles de classifications naturelles, artificielles et phylogéniques, sur celle d'espèce, d'individus d'espèce et de leur variabilité. L'auteur présente les plus récentes données sur la classification et l'historique des végétaux actuels. La deuxième partie est un traité classique de l'embranchement des bryophytes (mousses, sphaignes et hépathiques) ; du sous-embranchement des

gymnospermes (conifères), de la classe des monocotylédones et de celle des dicotylédones. Il est à noter que la plus grande partie de l'ouvrage est consacrée aux angiospermes. Ceci à cause de leur intérêt en écologie des plantes à fleurs, en agronomie, en pharmacie et de leur forte représentation en individus lesquels se classent dans une certaine homogénéité de familles mais non d'ordre.

Chaque groupe étudié est d'abord défini par ses caractères particuliers archaïques et évolutifs et par ses affinités avec les autres groupes. La place taxonomique qu'il occupe est ainsi précisée par les changements anatomiques et morphologiques intervenus et par les processus évolutifs qui se sont exercés. Au niveau de chacun des groupes, les différents organes apparus au cours de la phylogénèse sont repassés : la spore ; le pollen ; le vaisseau ; l'archégone ; l'ovule ; la graine ; la fleur ; la feuille ; la double fécondation... de façon à bien mettre en évidence l'orientation suivie par les végétaux au cours des âges. La description des cycles de développement, les figures et les nombreux schémas (en grande partie des originaux) permettent, page après page, une meilleure compréhension et une visualisation des textes écrits. C'est un des grands intérêts du livre. L'abondance des termes techniques qu'utilise l'auteur est prodigieuse. Chaque phrase nous en présente de nouveaux. Leur définition est simple, claire, brève. Leur origine grecque ou latine est également donnée. C'est un véritable dictionnaire en systématique des plantes. Cependant, l'insertion continuelle et brusque d'autant de termes dans le texte ne laisse aucune place pour les exceptions, les nuances, la variabilité des structures. Le lecteur peu familier avec l'évolution est porté à y voir une fixité et une rigidité dans l'organisation structurale des espèces.

L'ouvrage est destiné aux étudiants en pharmacie. Les seuls indices de cette orientation sont contenus dans les quelques brèves propriétés pharmaceutiques de certaines espèces ; dans les rares mentions de contenus chimiques des plantes et dans le choix des espèces traitées dans l'étude d'une famille. Ces quelques détails supplémentaires ne dérangent rien quant à l'emploi de cet ouvrage par toutes les autres disciplines biologiques. Il est à conseiller à tout étudiant en sciences biologiques auxquels des notions de botanique sont données. Sa présentation très didactique, son contenu précis, diversifié, synthétique, fera comprendre l'intérêt, la complexité et la classification du règne végétal. Les professeurs et les chercheurs y trouveront beaucoup d'utilité pour préciser rapidement des notions essentielles à leur enseignement ou à leur recherche. Les taxonomistes et tous ceux qui s'intéressent à l'identification des plantes pourront référer à ce manuel pour la compréhension, la définition, le schéma des structures à identifier et pour *situer leur individu* d'espèce dans un cadre végétal. En définitive, bien que cet ouvrage n'augmente pas beaucoup nos connaissances taxonomiques actuelles, il précise clairement les données que nous connaissons déjà ; il montre l'intérêt de la systématique, les problèmes qu'elle a à résoudre, les limites de son champ d'activité.

Léopold GAUDREAU

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

FRAZER, J.F.D., 1973. **Amphibians**. The Wykeham Publications, London, Springer-Verlag, New York. 122 p. 14 × 21.5 cm. Broché, prix non indiqué.

Cette monographie sur les Amphibiens, comme les autres ouvrages de la même série, a pour but d'étayer et d'élargir le champ de nos connaissances de façon à créer un lien entre les connaissances de niveau universitaire et celles de niveau collégial.

L'auteur, après une revue générale de la systématique de ces vertébrés, en étudie l'évolution et la phylogénie depuis leur origine, durant la période dévonienne. Issus des poissons Crossoptérygiens, ils sont les ancêtres des Reptiles. Dans le second chapitre, Frazer fait le relevé de la distribution géographique des Amphibiens en même temps qu'il étudie leurs adaptations, ce qui l'amène à parler de l'origine des différentes espèces actuelles, ou du phénomène de spéciation. Le troisième chapitre porte sur l'anatomie et la physiologie de ce groupe animal ; on trouve dans ce chapitre des données de base sur l'anatomie et la physiologie comparées des Vertébrés. L'auteur y parle aussi de la reproduction des Amphibiens, ce qui le conduit à traiter, dans le chapitre suivant, du comportement et de l'écologie de ces organismes. L'auteur décrit le comportement sexuel des divers types d'amphibiens puis, le développement embryonnaire et surtout le stade larvaire ou têtard et les détails de la métamorphose. Les variantes, suivant les groupes, dans le comportement sexuel, l'ontogénèse et la métamorphose amènent Frazer à parler de trois types d'amphibiens : (1) les Amphibiens vivant en milieu très humide, (2) ceux qui vivent en milieu plutôt sec et, (3) ceux qui mènent une vie arboricole. Ces divers types ont des adaptations morphologiques et physiologiques particulières à leur habitat. L'auteur consacre un chapitre aux adaptations à la vie aquatique de ces animaux, puis, dans un autre chapitre, il traite des communautés d'Amphibiens ce qui l'amène à des considérations intéressantes sur la territorialité et, aussi, sur les règles qui s'imposent à ceux qui se proposent l'élevage en captivité d'amphibiens pour fin expérimentale. Du reste, Frazer consacre le dixième et dernier chapitre à l'usage répandu des Amphi-

biens, les Grenouilles surtout, dans les laboratoires, tant pour fin didactique que pour fin expérimentale, en physiologie, en pharmacologie et en embryologie. Il fait aussi d'intéressantes suggestions de recherches à faire avec ce matériel vivant.

Enfin, dans un premier appendice, Frazer donne une liste d'ouvrages à consulter, parmi lesquels figure la traduction anglaise de l'ouvrage de Jean Rostand sur *La vie des Crapauds* et dans un second appendice, il présente une classification des genres d'Amphibiens actuels.

Cet ouvrage est, croyons-nous, une très bonne synthèse de ce que l'on connaît des Amphibiens. Ecrit en un style concis, il est un guide précieux pour tous ceux qui s'intéressent aux Amphibiens et aussi pour ceux qui s'intéressent à l'anatomie, à la physiologie comparées, à la philogénie et à la paléontologie des vertébrés.

Jean-Louis TREMBLAY

Département de biologie
Université Laval, Québec

SIEGFRIED, H., 1973. **Nids et oeufs des oiseaux d'Europe centrale et occidentale**. Delacheux et Niestlé, Neuchatel/Suisse. 272 p., 170 ill. en couleurs. 12 × 19 cm. Cartonné, prix non indiqué.

Delachaux et Niestlé viennent de publier dans leur excellente collection *Les Guides de poche* un ouvrage sur les nids et les oeufs de 301 espèces d'oiseaux d'Europe. Ce volume offre une description détaillée des nids et des espèces communes : formation et localisation des nids, périodes et caractéristiques des pontes, durée de l'incubation, forme et couleurs des oeufs. etc. L'ouvrage est illustré de 170 photos en couleurs de très bonne qualité qui, avec les tableaux très bien conçus, permettent une identification relativement rapide des nids et des oeufs des espèces traitées.

Des 301 espèces décrites, 76 se rencontrent en Amérique du Nord, dont 44 sont des espèces d'oiseaux fréquentant les milieux aquatiques. Ce Guide ne peut donc être utile en Amérique que très marginalement. Toutefois, il est une excellente interprétation, plus moderne, d'une discipline aujourd'hui disparue : l'oologie.

L'auteur met en garde l'amateur d'oiseaux contre la tentation de collectionner des oeufs d'oiseaux ; une pratique qui heureusement ne se justifie plus aujourd'hui. La majorité des pays ont, en effet, adopté des lois pour conserver leur avifaune respective, trop souvent en péril.

Raymond CAYOUETTE

La Société zoologique de Québec
Orsainville, Québec

WAISEL, Y., 1972. **Biology of halophytes**. Coll. *Physiological ecology*. Academic Press, New York. xiii + 395 p., ill. 15.5 × 23.5 cm. Relié, $19.50.

L'utilisation croissante de l'eau salée et l'addition continuelle des sels dans notre environnement mènent à une salinisation progressive des sols et de l'eau. La compréhension du processus fondamental de l'adaptation des plantes à la salinité et l'application de ces principes à la production végétale présentent une grande importance pour la population du monde.

Ce livre contient un exposé concis de la connaissance actuelle des halophytes en relation avec leur environnement. Il couvre les divers aspects du milieu salin tels les sources de salinité, le développement et la nature des salines, la classification et les caractéristiques des sols affectés par le sel ; la distribution et la sociologie des halophytes, divers aspects de la physiologie des halophytes tels que l'absorption et le transport de l'eau, la nutrition minérale, le transport des ions, la secrétion du sel, la reproduction, la croissance, la métabolisme et la résistance au sel ; les effets morphogénétiques de la salinité et la différenciation écotypique. Il comprend aussi des notes autoécologiques sur quelques halophytes terrestres et une brève discussion de l'écologie des angiospermes marines submergées, des palétuviers et des halophytes côtiers.

Ce volume intéressera des étudiants du 2e et 3e cycle et les chercheurs travaillant en écologie végétale, en physiologie végétale, en nutrition des plantes, en pédologie, en hydrologie et en géographie.

(Résumé de l'auteur traduit de l'anglais)

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Lionel CINQ-MARS

12 juin 1919 – 6 août 1973

La disparition du Professeur Cinq-Mars, décédé subitement le 6 août 1973, plonge la communauté scientifique québécoise et le Comité de rédaction du *Naturaliste canadien* dans un deuil profond. Nous regrettons la disparition d'un collègue éminent, d'un pédagogue estimé, d'un gentilhomme au coeur sensible et généreux.

Lionel Cinq-Mars est né à St-Coeur-de-Marie (Lac St-Jean) le 12 juin 1919. Il fait d'abord ses études au Séminaire de Chicoutimi, puis au Séminaire de Québec où il obtient, en 1940, le baccalauréat ès arts. Son choix se porte alors sur l'Ecole d'agriculture de Ste-Anne-de-la-Pocatière où il s'inscrit en septembre de la même année. De nature un peu timide, il se tient à l'écart des autres étudiants, observant continuellement les plantes et les oiseaux dont il connaît très vite le chant et les caractères d'identification. Il aurait pu faire un très bon ornithologue, dira-t-on de lui ; cependant, la botanique l'attire encore plus. C'est au contact du Professeur Elzéar Campagna qu'il en prend le goût. Son premier herbier est composé de 500 spécimens alors qu'on lui en demande 200. De plus, son matériel botanique dépasse en qualité tout ce qu'on a vu et bientôt on dira,

pour désigner des spécimens d'une qualité exceptionnelle: « Regardez, c'est du Cinq-Mars! »

Dans ses moments libres, il aime à s'évader seul pour herboriser et observer les oiseaux ou faire de la musique. C'est lui qui est organiste à la chapelle, toujours ponctuel et fidèle au rendez-vous. Il joue aussi du piano et aime aller au concert. Lorsque, plus tard, il sera appelé à quitter la région de Montréal pour Québec, devoir abandonner la vie artistique de la Métropole lui pèsera très lourd.

Son mémoire de fin d'étude portera sur les herbicides. Domaine nouveau à l'époque, qui l'éloignera de la taxonomie pendant plusieurs années. Lorsqu'on lui demande la raison d'un tel choix, il répond que l'agronomie doit se tourner vers les applications. Et, pour donner du poids à ses convictions, il accepte, à la fin de ses études qu'il termine brillamment en 1944, le poste d'inspecteur de fruits et légumes dans le comté de Rimouski. En mai 1946, il devient secrétaire du Service d'arrosage des vergers au Ministère de l'agriculture du Québec, avec bureau à Montréal.

La même année il s'inscrit au Collège MacDonald pour l'obtention d'une maîtrise. Il travaille sous la direction du Professeur Coulson qui déclarera à son sujet: « Parmi tous les étudiants le plus gentilhomme c'est Lionel Cinq-Mars. » Partout on reconnaîtra, en plus de ses connaissances et de ses capacités professionnelles, ses grandes qualités de coeur, sa distinction naturelle, son caractère modéré, sa très grande sensibilité, son dévouement.

Le 1er mai 1948, il passe, comme phytopathologiste, au laboratoire de St-Jean appartenant à la Division de la recherche du Ministère de l'agriculture du Canada. Dès son arrivée, et tout en logeant au Jardin botanique de Montréal, il jette les bases d'une Section de botanique et de phytopathologie. Ses nouvelles fonctions le mettent fréquemment en contact avec de nombreux producteurs. Ces contacts, Lionel Cinq-Mars les considère comme une condition essentielle au succès de la phytopathologie appliquée. Il devient l'instigateur des Journées de pomiculture patronnées par la Station de St-Jean et, parallèlement, conçoit un projet de recherche à long terme pour étudier l'effet des fongicides sur le rendement des pommiers. Ce dernier projet, intéressera la *New England Fruit Spray Specialists Conference* au point que cinq ans après son départ de St-Jean les spécialistes américains s'informeront encore des résultats de son projet.

Cependant, malgré ces succès en phytopathologie, Lionel Cinq-Mars reste, au fond de lui-même, plus botaniste que fonctionnaire. Il herborise dans la région de Rougemont, il maintient des contacts fréquents avec le Père Louis-Marie, qui nommera en son honneur un nouvel amélanchier (*Amelanchier quinti-martii* Lalonde), ainsi qu'avec l'Abbé Ernest Lepage et, chaque fois qu'il peut, il s'évade au Jardin botanique de Montréal pour y retrouver ses compagnons d'herborisations, ses amis botanistes: Marcel Raymond et Ernest Rouleau. Il étudie plus particulièrement les amélanchiers et les violettes du Québec, se penche sur la phénologie des plantes spontanées de Rougemont qu'il tente de relier aux périodes propices pour l'arrosage des vergers, monte un herbier de plus de 10,000 spécimens, effectue de nombreux échanges avec les principaux herbiers du Québec et du Canada, organise des excursions de botanique, étudie la faune ornithologique de Rougemont,

s'intéresse à la photographie des plantes et illustre lui-même plusieurs de ses conférences et publications.

Lorsqu'il accepte, en septembre 1962, le poste de professeur agrégé en botanique à la nouvelle Faculté d'agriculture de l'Université Laval, ses goûts et sa fonction ne font plus qu'un. En peu de temps, il organise un enseignement de botanique reconnu par les autorités de l'Université, respecté par ses collègues et apprécié par les étudiants. Il met sur pied un herbier qui deviendra, en avril 1968, l'Herbier Louis-Marie de l'Université Laval, dont il sera nommé conservateur. Dès 1967, il fonde deux séries de contributions : *Ludoviciana* et *Provancheria*, dont il sera l'éditeur et administrateur. Lui-même publiera, au cours de sa carrière, près de soixante-dix articles scientifiques touchant à la botanique systématique, à la phytopathologie, à l'ornithologie et à la vulgarisation des sciences naturelles.

Ses activités extra-universitaires sont aussi très nombreuses. Membre actif de plusieurs comités de la Corporation des agronomes du Québec, de l'*Agricultural Institute of Canada*, de la Société de Québec pour la protection des plantes, il est élu, très jeune, président de la Société canadienne d'histoire naturelle, puis président du Comité national des mauvaises herbes, Section de l'est, et de la Société de protection des plantes du Québec. Il est également membre-fondateur de l'Association botanique du Canada et membre du Conseil exécutif de la même société, dont il décline le poste de vice-président. Il préside les comités d'organisation de nombreux congrès tenus à Laval dont ceux de la Société canadienne de phytopathologie et de l'Association botanique du Canada.

Les qualités de pédagogue, de chercheur et d'organisateur dont il fait preuve le portent à la tête d'une équipe canadienne de professeurs qui se préparent à aller enseigner au Maroc. Il relève ce nouveau défi avec beaucoup d'enthousiasme et de détermination. Le départ est fixé au 10 septembre 1973. Il organise encore les journées d'études pour la *Jocelyn Botanical Society* du Maine, qu'il doit recevoir à Laval, puis disparaît, laissant dans le deuil sa femme Madeleine née Desbiens, ses deux filles Michèle et Danielle et un vide profond qu'il sera longtemps difficile de combler.

Miroslav M. GRANDTNER

99-0

LE NATUR[illegible]E CANADIEN

Volume 100 | Septembre-Octobre 1973 | Numéro 5

SOMMAIRE

COAD, Brian W. and G. POWER. Observations on the ecology of lacustrine populations of the threespine stickleback, (*Gasterosteus aculeatus* L., 1758) in the Matamek River system, Québec **437-445**

LAGUEUX, Marie et J.-M. PERRON. Effets du gaz carbonique sur le mécanisme d'expansion des ailes chez *Drosophila melanogaster* Meigen et *Calliphora erythrocephala* (Meigen) **447-451**

LAUGÉ, Ginette. Incidences de différentes températures sur le développement embryonnaire et postembryonnaire de *Drosophila melanogaster* Meigen **453-459**

HEINRICH, Gerd H. Synopsis of nearctic Ichneumoninae stenopneusticae with particular reference to the northeastern region (Hymenoptera). Supplement 4 **461-465**

FURLAN, Valentin and J.-André FORTIN. Formation of endomycorrhizae by *Endogone calospora* on *Allium cepa* under three temperature regimes **467-477**

VALLA, Gérard. Divisions nucléaires, septation et ramification chez l'haplonte de *Polyporus arcularius* (Batsch) ex FR. **479-492**

PAYETTE, Serge, Louise FILION et Jacques OUZILLEAU. Relations neige-végétation dans la toundra forestière du Nouveau-Québec, Baie d'Hudson **493-508**

REVUE DES LIVRES **509-519**

NOTICE NÉCROLOGIQUE

GRANDTNER, Miroslav M. Lionel Cinq-Mars (1919-1973) **521-523**

Q70

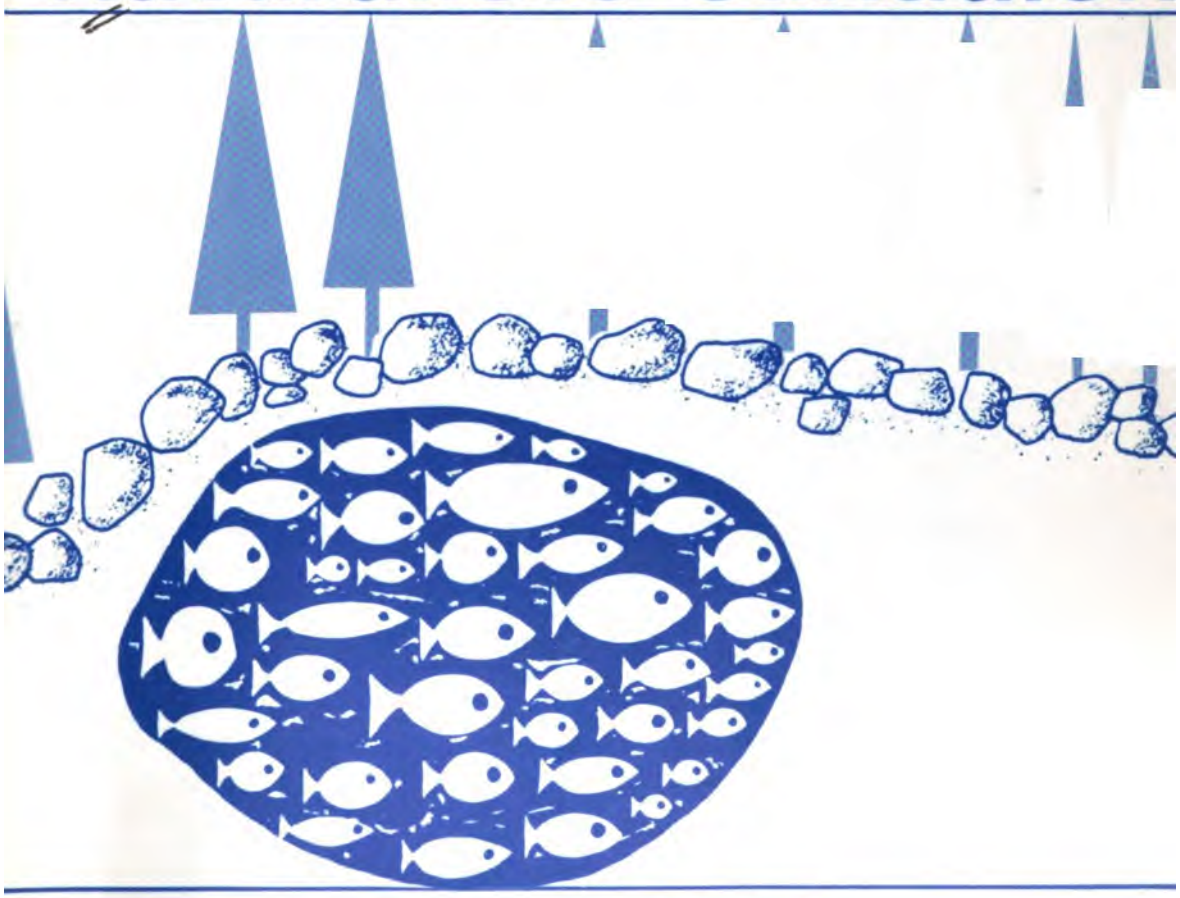
P

Volume 100,
numéro 6,
novembre-décembre 1973

The University
of Michigan
Periodical
Reading Room

MAY 16 1974

naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

CN ISSN 0028-0798

DIRECTEUR
G.-WILFRID CORRIVAULT

DIRECTEUR-ADJOINT
MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE
GUY LACROIX

SECRÉTAIRE-ADJOINT
PIERRE MORISSET

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*
RENÉ BÉIQUE, *Direction générale de la conservation, Ministère des terres et forêts, Québec*
JULIEN BERGERON, *Ministère de l'industrie et du commerce, Québec*
BERNARD BERNIER, *Université Laval*
PAUL BERTHET, *Faculté des sciences de Lyon*
LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*
PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*
MICHEL DELSOL, *Faculté catholique de Lyon*
LLOYD M. DICKIE, *Institut océanographique de Bedford*
ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*
PAUL GERVAIS, *Université Laval*
ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire naturelle de Paris*
WILLIAM S. HOAR, *Université de la Colombie-Britannique*
ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*
VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*
GASTON MOISAN, *Service de la faune du Québec*
A.C. NEISH, *Conseil national des recherches du Canada, Halifax*
W.E. RICKER, *Office des recherches sur les pétroles du Canada*
D. M. ROSS, *Université d'Alberta*
HENRI TINTANT, *Faculté des sciences de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction):

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4

Abonnement annuel

au Canada: $ 10.00 — à l'étranger: $ 11.00 — le numéro: $ 2.00

Publication bimestrielle de l'Université Laval. LE NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigées en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1,500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulierement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétariat de la rédaction,** LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Laval, Québec G1K 7P4, Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Conseil national de recherches du Canada.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec — Quatrième trimestre 1973

ERRATUM

In volume 100, number 5, add the name **Cratichneumon flaschkai,** new species, on page 463, left column, line 32, before the description of this species. Association of the description of this new species with the name **Cratichneumon flaschkai** given in the abstract was made in the original through statement of locality, statement regarding formation of the name, and statement of collector. G. H. Heinrich is here considered as author of this correction.

— — — — — — — —

Une omission ayant été commise dans l'article du Dr Heinrich, paru dans le tome 100, fascicule 5, nous vous prions d'ajouter le nom **Cratichneumon flaschkai**, n. sp., à la page 463, colonne de gauche, ligne 32, avant la description de cette espèce. L'association de la description de cette nouvelle espèce avec le nom **Cratichneumon flaschkai** du résumé de l'article est possible grâce à la mention de la localité, de la formation du nom et du collectionneur. Nous considérons que Monsieur G. H. Heinrich est l'auteur de cette correction.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 100 Novembre-Décembre 1973 Numéro 6

MORPHOLOGIE COMPARÉE DE L'ORGANE DE L'ODORAT CHEZ QUELQUES MAMMIFÈRES CARNIVORES [1]

Jean FERRON

Département des sciences biologiques
Université de Montréal, Montréal

Résumé

Une étude morphologique comparative des fosses nasales de *Felis domesticus, Martes americana, Mustela vison* et *Procyon lotor* est présentée. La surface de la membrane olfactive ainsi que le nombre absolu de ses éléments sensoriels chez ces espèces sont établis. Il en ressort: 1) que l'appareil olfactif est le plus développé chez la martre et le raton laveur; 2) que le vison manifeste une nette régression des structures périphériques à fonction olfactive, membrane olfactive et organe de Jacobson, tout en conservant une organisation d'ensemble comparable aux deux espèces précédentes et 3) que le chat possède un appareil olfactif de type plus simple que les autres espèces: membrane olfactive peu étendue, os turbinés moins développés et appareil de conditionnement de l'air plus simple. Finalement, ces résultats morphologiques sont discutés dans la perspective des connaissances éthologiques actuelles sur le rôle de l'odorat dans la vie de ces espèces.

Abstract

A comparative morphological study of the nasal cavities of *Felis domesticus, Martes americana, Mustela vison* and *Procyon lotor* has been carried out. The surface of the olfactory membrane as well as the absolute number of its sensory elements in those species was estimated. It is shown 1) that the olfactory apparatus is most developed in the marten and the raccoon; 2) that the mink is clearly regressive with respect to peripheral olfactory structures (olfactory membrane and Jacobson's organ), while retaining a general organization comparable to that in the two above species and 3) that the cat possesses an olfactory apparatus of a simpler type than the other three species, the olfactory membrane being much less extensive, the turbinal bones less developed and the air conditioning features less elaborated. Finally, the morphological results are discussed in relation with present day ethological knowledge on the part played by olfaction in the life of the concerned species.

Introduction

L'odorat des mammifères pose encore de nombreuses questions qui n'ont suscité, aussi surprenant que cela puisse paraître, que fort peu de réponses. Comme celle de toute autre activité sensorielle, la véritable compréhension de la fonction olfactive se situe au carrefour de recherches morphologiques, physiologiques et éthologiques. Le travail de morphologie comparée présenté ici met en parallèle les structures olfactives de

[1] Partie d'un mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université de Montréal en vue de l'obtention du grade de M. Sc., 1972.

quatre espèces de Carnivores, tous des macrosmatiques. Il vise à faire ressortir les modalités d'adaptation d'un odorat bien développé, une telle comparaison pouvant soulever plus de problèmes que l'étude approfondie d'une seule espèce. J'y considérerai la morphologie d'ensemble des fosses nasales, une attention particulière étant réservée à la membrane sensorielle même. Ni les nerfs olfactifs, ni les centres encéphaliques ne seront considérés ici. Les résultats morphologiques seront analysés à la lumière des connaissances éthologiques actuelles sur le rôle de l'odorat dans la vie des espèces en cause.

Travaux antérieurs

Très peu de travaux ont été publiés jusqu'ici sur la morphologie des organes de l'olfaction des Mammifères Carnivores. Read (1908) a réalisé une étude à caractère plutôt histologique sur l'appareil olfactif du chien, du chat (et de l'homme). On y trouve quelques détails descriptifs intéressants, mais aucune comparaison vraiment approfondie. En ce qui concerne l'étendue de la membrane olfactive, les travaux ont surtout porté sur *Canis familiaris*. Ce sont ceux de Preciuso (1927), Wieland (1938), Lauruschkus (1942) et Müller (1955). Les trois derniers auteurs fournissent aussi des données sur le nombre total de cellules sensorielles; on en verra plus bas l'importance. Chauvin (1969) rapporte d'autres résultats obtenus par Wieland sur un chien mais sans référence bibliographique complète. Le travail de Lauruschkus présente aussi quelques observations sur *Felis domesticus*. Je n'ai trouvé aucune référence concernant la morphologie de l'appareil olfactif de *Martes americana, Mustela vison* et *Procyon lotor*. Pour la nomenclature des différentes régions, structures et cellules de l'appareil olfactif, on peut se rapporter *aux traités généraux* de Stark (1967), Devillers (1965), Ham (1965), Pirlot (1969) et Verne (1963).

Matériel et méthodes

Voici la fiche individuelle des animaux étudiés qui proviennent tous du Québec.

Felis domesticus: famille: Félidés; âge approximatif: 3 mois; sexe: femelle; poids: 1.10 kg; provenance: animal d'élevage.

Procyon lotor: famille: Procyonidés; âge approximatif: adulte; sexe: femelle; poids: 4.99 kg; provenance: capturé en nature.

Martes americana: famille: Mustélidés; âge approximatif: adulte; sexe: mâle; poids approximatif: 0.91 kg; provenance: capturé en nature.

Mustela vison: famille: Mustélidés; âge approximatif: 3½ mois; sexe: femelle; poids approximatif: 0.90 kg; provenance: animal d'élevage.

La fixation des animaux est réalisée par perfusion intracardiaque au formol. Après décapitation, on enlève la peau, les muscles et la plus grande partie de la boîte crânienne, en évitant d'endommager les fosses nasales; le formol peut ainsi atteindre plus facilement la région des bulbes olfactifs. La tête est ensuite décalcifiée à l'acide nitrique 5%. Les spécimens sont enrobés dans la paraffine et coupés au microtome selon les méthodes classiques. Les coupes, d'une épaisseur de 12 microns, sont ensuite montées sur lames en trois séries en ne prélevant pour chaque série qu'une coupe sur dix. La première série est colorée au trichrome de Masson, la seconde au Bodian et la troisième est mise en réserve.

Les méthodes employées pour évaluer le volume de la glande de Steno, la surface de la membrane olfactive ainsi que le nombre d'éléments olfactifs compris dans cette dernière seront exposées avec la description morphologique de chacune de ces différentes structures.

Résultats

Les structures olfactives proprement dites sont, anatomiquement et fonctionnellement, en étroite relation avec le reste des fosses nasales. En effet, bien que la membrane olfactive constitue à elle seule le site de la perception des odeurs, un certain nombre d'autres éléments structuraux des fosses nasales ont un rôle à jouer dans le conditionnement de l'air inspiré. Il est utile de rappeler ici que la membrane olfactive s'étend principalement vers le haut et vers l'arrière des fosses nasales tandis que la membrane respiratoire en tapisse surtout le plancher et la partie antérieure. Seront étudiés dans l'ordre : le vestibule et les structures annexes, la membrane respiratoire, les os turbinés et la plaque criblée, l'organe de Jacobson et finalement la membrane olfactive.

VESTIBULE ET STRUCTURES ANNEXES

Le vestibule, première partie de la cavité nasale s'étendant des orifices externes des narines au sac olfactif proprement dit, seconde partie du nez, est une région importante du point de vue de l'olfaction car de nombreuses glandes et le canal nasolacrymal y débouchent, ce qui établit l'importance de ce passage dans le conditionnement de l'air. Ces structures sont en outre en relation étroite avec les faux-cornets (fig. 1).

Ces derniers font saillie dans la lumière vestibulaire. Ce sont des replis de la paroi conjonctive qui peuvent être supportés ou non par du cartilage et on ne les retrouve qu'au niveau du vestibule. On les distingue des cornets proprement dits, qui eux sont associés aux os turbinés et limités au sac nasal. Chez les quatre espèces étudiées, on note que, sur la marge supérieure de l'orifice de chaque narine, naît un repli dirigé vers l'intérieur. Ce repli persiste tout au long du vestibule et est le seul faux-cornet soutenu par un cartilage; vers l'arrière il est en continuité avec le maxilloturbinal. Stark (1967) donne à ce prolongement antérieur du maxilloturbinal le nom d'atrioturbinal (fig.1, AT). Un autre faux-cornet prend naissance dans chaque coin externe supérieur de la cavité nasale; il apparaît derrière l'ouverture de la narine comme un petit renflement d'abord puis il prend plus d'importance vers l'arrière où, finalement, il est en continuité avec le nasoturbinal (fig. 1, FN). Aucun cartilage ne le soutient avant sa jonction avec le nasoturbinal. Enfin d'autres faux-cornets, qui ne sont pas en continuité postérieurement avec d'autres structures, font saillie dans la lumière du vestibule (fig.1, F). On en rencontre deux de chaque côté du septum chez *Mustela vison* et *Martes americana ;* chez *Procyon lotor* le plus dorsal des deux est réduit quoiqu'encore discernable; chez *Felis domesticus* on n'en trouve plus qu'un seul. Enfin un autre faux-cornet, que l'on retrouve chez les quatre espèces étudiées, se situe latéro-ventralement à mi-chemin entre la base du septum et l'origine de l'atrioturbinal; chez le chat, il est cependant plus étendu quoique moins saillant que chez les trois autres espèces.

Les glandes vestibulaires, accompagnées de nombreux vaisseaux sanguins, sont localisées principalement dans le derme des faux-cornets chez la martre, le raton laveur et le vison. Chez le chat, leur distribution paraît plus uniforme du fait de l'aplatissement des faux-cornets contre la paroi. Chez toutes les espèces étudiées, les glandes débouchant dans le vestibule sont abondantes et, d'autre part, elles s'ouvrent principalement au niveau des faux-cornets. Parmi elles, il en est une très volumineuse, paire, située latéralement dans chaque fosse nasale et se prolongeant assez loin vers l'arrière; elle porte le nom de glande de Steno ou glande nasale externe ou encore glande nasale latérale (fig. 2b).

Le volume de cette glande a été évalué chez les quatre espèces à l'étude. J'ai agrandi par projection chaque coupe de glande, mesuré la surface de chacune d'entre elles au planimètre et ramené le résultat à l'échelle réelle. Après avoir porté ces valeurs sur un graphique, dont l'ordonnée est en mm² et l'abscisse en microns, et les avoir reliées par un trait, j'ai mesuré au planimètre la surface sous la courbe. Cette intégration graphique au planimètre est plus rapide que l'intégration par calcul de chaque point et tout aussi précise. En multipliant cette

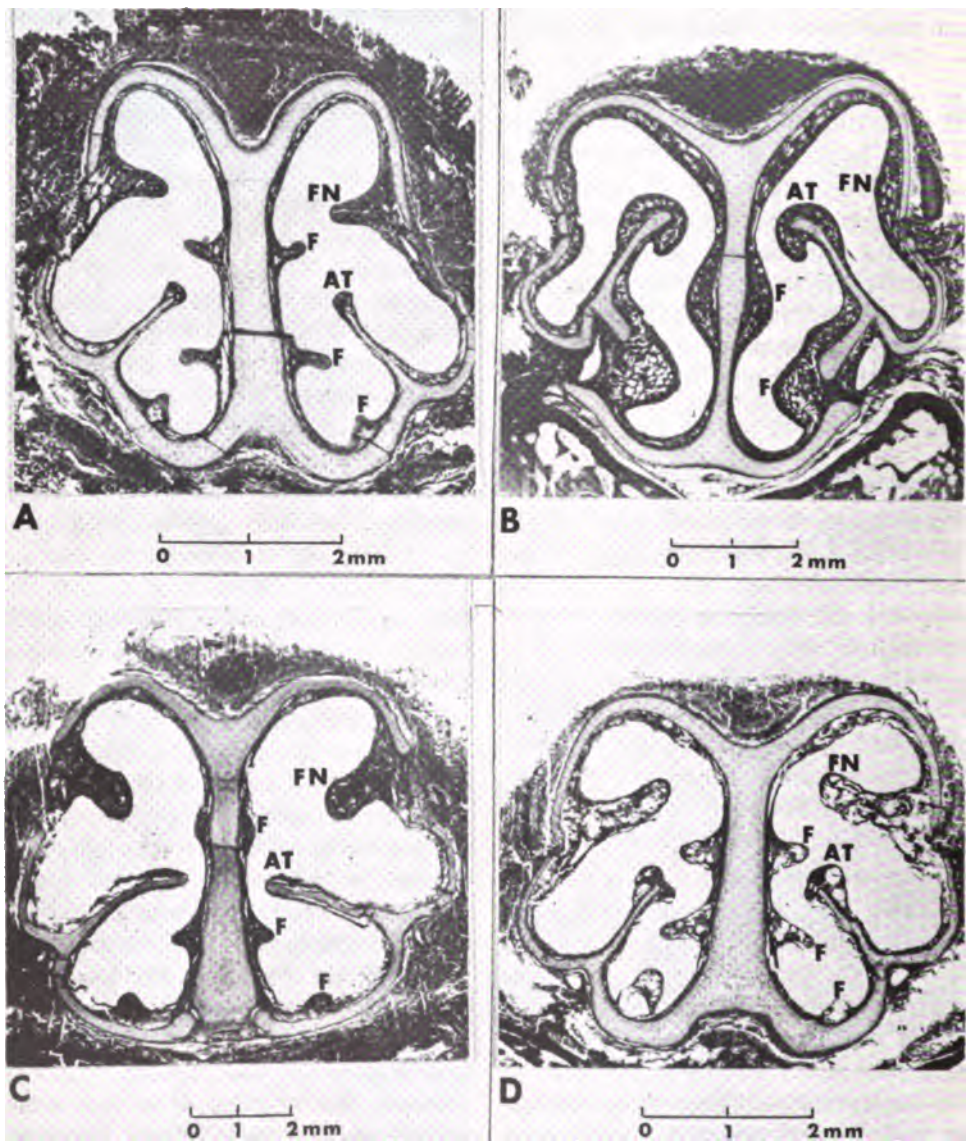


Figure 1. Morphologie d'ensemble du vestibule: A) *Mustela vison;* coupe 528, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson; B) *Felis domesticus;* coupe 448, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson: C) *Procyon lotor;* coupe 1218, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson; D) *Martes americana;* coupe 608, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson.
Faux-cornets: atrioturbinal (AT), faux-cornet en continuité postérieurement avec le nasoturbinal (FN) et *faux-cornets qui ne sont pas* en continuité postérieurement avec d'autres structures (F).

mesure par le facteur d'échelle du graphique afin de ramener les résultats en mm³, on obtient le volume de chaque glande (tableau I). On constate une certaine relation entre la taille de l'animal et le développement de la glande nasale latérale sauf chez *Felis domesticus* où la glande est proportionnellement plus petite que chez les trois autres espèces. La glande gauche est toujours légèrement plus développée que la droite, chez les quatre animaux.

Le canal partant de chaque glande s'achemine antérieurement vers le vestibule où il débouche assez haut latéralement. Cette communication avec les fosses nasales se fait à 5.3 mm du début du nez, c'est-à-dire à partir du bord antérieur du rhinarium, chez *Felis domesticus;* à 5.8 mm chez *Martes americana;* à 5.3 mm chez *Mustela vison* et à 10.8 mm chez *Procyon lotor.* Chez le raton laveur, la position est plus reculée en raison de la plus grande taille du sujet.

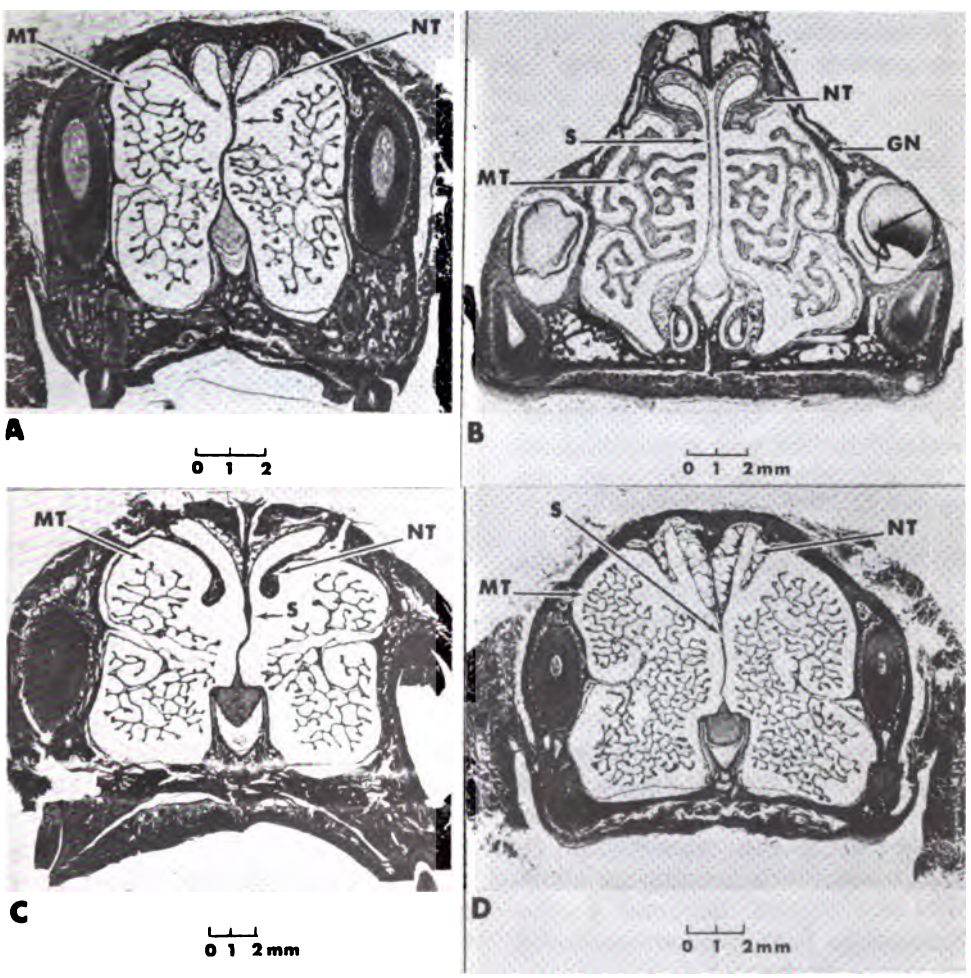


Figure 2. Morphologie d'ensemble au niveau du maxilloturbinal: A) *Mustela vison*; coupe 1108, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson; B) *Felis domesticus;* coupe 848, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson; C) *Procyon lotor;* coupe 2117, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson; D) *Martes americana;* coupe 1348, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson.
(GN) Début de la glande nasale latérale chez *Felis domesticus;* la glande est située plus postérieurement chez les trois autres espèces (MT) Maxilloturbinal, (NT) Nasoturbinal, (S) Septum.

TABLEAU I

Volume de la glande nasale latérale ou glande de Steno

Espèce	*Volume de la glande gauche (mm³)*	*Volume de la glande droite (mm³)*	*Volume total des 2 glandes (mm³)*
Felis domesticus	12	9	21
Martes americana	28	23	51
Mustela vision	29	27	56
Procyon lotor	10	92	202

La glande nasale latérale ainsi qu'un certain nombre de glandes parmi les autres de moindre importance s'ouvrant dans le vestibule seraient de nature séreuse. Leur fonction consisterait à humidifier l'air inspiré; le liquide séreux superflu pourrait couler jusqu'à l'ouverture de l'organe de Jacobson, pour y être temporairement aspiré et analysé (Bojsen-Moller, 1964). A en juger par le développement de la grande nasale latérale (tableau I), il semblerait que la capacité de conditionnement de l'air soit moins poussée chez le chat que chez les autres espèces.

Une autre structure qui joue un rôle dans le conditionnement de l'air inspiré est le canal nasolacrymal. On sait qu'une partie du liquide du *lacus lacrymalis* passe dans ce canal pour se jeter dans les fosses nasales au niveau du vestibule. Les diamètres dorso-ventral et latéral de ce canal oscillent autour de 0.8 mm et 0.4 mm pour les quatre espèces. L'importance de ces dimensions est peut-être un indice de la contribution importante du liquide lacrymal à l'humidification de l'air. L'ouverture du canal nasolacrymal sous l'atrioturbinal présente une différence morphologique intéressante entre *Felis domesticus* et les trois autres espèces. Chez le chat, l'ouverture se fait simplement dans le *vestibule; chez la* martre, le raton laveur et le vison l'ouverture se fait au même niveau, mais dans une structure en forme de gouttière ouverte latéralement, qui se referme un peu plus loin vers l'avant pour former un second canal, lequel va déboucher assez loin antérieurement quoique toujours dans le vestibule après avoir passé sous les structures cartilagineuses vestibulaires. Chez le raton laveur, cette seconde ouverture du canal est orientée vers l'arrière; chez la martre et le vison, elle se fait perpendiculairement à la paroi. Le niveau de ces diverses ouvertures a été déterminé aussi exactement que possible par rapport au bord des narines (tableau II). L'unique canal, chez le chat vient s'ouvrir sensiblement au même niveau «anatomique» que l'ouverture la plus antérieure chez les autres espèces, compte étant tenu des dimensions de la tête de chacune.

MEMBRANE RESPIRATOIRE

Certaines particularités morphologiques de la muqueuse respiratoire intéressent directement l'olfaction. Au niveau de l'épithélium, on trouve de nombreuses cellules glandulaires appelées aussi cellules à mucus ou cellules caliciformes; leurs sécrétions transporteraient les particules odorantes vers la région olfactive (Adey, 1959). Celles du chat sont plus rondes, en général, que celles du vison, de la martre ou du raton laveur. Parfois, quelques-unes

TABLEAU II

Position des ouvertures du canal nasolacrymal dans le nez

Espèce	*Distance entre le début du nez et*	
	l'ouverture antérieure du canal nasolacrymal (mm)	*l'ouverture postérieure du canal nasolacrymal (mm)*
Martes americana	4.17	11.97
Mustela vison	4.17	10.05
Procyon lotor	6.82	19.89
	l'unique ouverture du canal nasolacrymal (mm)	
Felis domesticus	4.89	

de ces cellules caliciformes peuvent se grouper pour former une glandule intra-épithéliale que Verne (1963) considère comme analogue aux glandes olfactives des Amphibiens; notons toutefois que l'on ne rencontre que très peu de ces formations chez les espèces étudiées.

Les vaisseaux plus ou moins nombreux distribués dans le derme de cette membrane rempliraient, entre autres, une fonction de réchauffement de l'air indispensable à la bonne marche du processus de l'olfaction. C'est depuis le sommet du septum, jusqu'au niveau de la jonction avec le nasoturbinal, que la vascularisation est la plus complexe; le derme atteint alors jusqu'à 1000 microns d'épaisseur (chez les quatre espèces étudiées). Cette zone demeure aussi fortement vascularisée au niveau de la membrane olfactive. Dans les autres régions du nez recouvertes par la muqueuse respiratoire, la vascularisation est beaucoup moins marquée et l'on distingue régulièrement, sur les coupes, des vaisseaux courant dans le sens antéro-postérieur plutôt que latéral. L'énergie radiante étant fonction de la surface, l'importance de ce mécanisme ne pourra être évaluée chez chaque espèce qu'en fonction du développement des cornets.

Les glandes au niveau du derme sont aussi très diverses. Elles se distribuent dans l'ensemble de la muqueuse respiratoire. On les rencontre sous la forme de petits acini dont le canal excréteur se dirige vers la surface pour traverser l'épithélium; Bojsen-Moller (1964) souligne que, chez le chat, ces acini sont de nature muqueuse tandis que chez le chien, ils sont de nature séreuse. Si l'on tient compte du fait que de nombreux traits de l'organisation nasale du chien le rapprochent du vison, de la martre et du raton laveur, comme on le verra plus loin, il y a tout lieu de supposer que ces glandes seraient aussi de nature séreuse chez ces trois espèces. On peut se demander quelle est alors l'influence de cette particularité sur la physiologie olfactive.

De plus on rencontre, dans la couche profonde de la muqueuse respiratoire, la partie arrière de nombreuses glandes dermiques séreuses s'ouvrant dans le vestibule, ainsi que certaines glandes annexées à l'organe de Jacobson et la totalité de la glande latérale qui elle aus-

si va déboucher dans le vestibule. Certaines de ces glandes ont été traitées dans la section sur le vestibule et les structures annexés, les autres seront considérées dans la section portant sur l'organe de Jacobson.

LES OS TURBINÉS ET LA PLAQUE CRIBLÉE

Certains rapports peuvent exister entre le développement des os turbinés et de la plaque criblée d'une part, et celui de l'appareil olfactif d'autre part. On sait que chez les mammifères, il existe trois types principaux d'os turbinés dont certains ont été mentionnés plus haut : a) le maxilloturbinal qui est un enroulement complexe du bord inférieur de la partie antérieure de la capsule nasale ; b) le nasoturbinal qui est une crête dans la région antérieure du nez située à la jonction du septum et du toit du sac nasal ; c) les ethmoturbinaux qui sont constitués de plusieurs éléments distribués dans la partie postérieure de la capsule nasale.

Grassé (1955) a divisé les Carnivores en deux grands groupes selon l'importance du maxilloturbinal. Les *épimyctériens*, comprenant Félidés, Viverridés et Hyénidés, possèdent un maxilloturbinal relativement peu développé. Les *hypomyctériens*, c'est-à-dire les Canidés, Procyonidés, Mustélidés et Ursidés, présentent une complexité étonnante du maxilloturbinal. Cette différence entre les deux groupes ressort très clairement dans une comparaison du chat, un épimyctérien, avec la martre, le raton laveur et le vison, tous trois des hypomyctériens (fig. 2). Read (1908), de son côté, avait déjà souligné le plus grand développement du maxilloturbinal chez le chien comparativement au chat. Or, comme on l'a vu plus haut, la capacité de réchauffement de l'air irait de pair avec la complexité du maxilloturbinal ; c'est donc dire que, sur ce plan, *Felis domesticus* serait inférieur aux autres espèces *étudiées.*

Le nasoturbinal forme, à sa rencontre avec le septum, au sommet de celui-ci, une gouttière qui pourrait favoriser par sa forme et sa position la fonction olfactive (fig. 2). En effet, c'est dans cette gouttière que la membrane olfactive atteint sa position la plus antérieure pour continuer ensuite de s'étendre davantage postérieurement sur les cornets, et, de plus, c'est aussi à ce niveau que le derme est le plus richement vascularisé, tant dans la zone respiratoire que dans la zone olfactive. Bien que le nasoturbinal soit un peu moins développé chez le chat que chez les autres animaux étudiés, on retrouve cette formation particulière chez tous.

Quoique les ethmoturbinaux soient importants dans les quatre espèces en question, ils n'atteignent pas, chez le chat, l'expansion qu'ils présentent chez le raton laveur, la martre et même le vison (fig. 3). Notons enfin que la plaque criblée de l'ethmoïde n'est pas à proprement parler une plaque, chez les quatre espèces. C'est plutôt un doigt de gant osseux s'avançant au centre de la cavité nasale et renfermant une grande partie des bulbes olfactifs.

ORGANE DE JACOBSON

L'organe de Jacobson ou organe voméronasal est présent chez toutes les espèces considérées. Il est en communication avec le canal nasopalatin mais le niveau de ce point de rencontre varie selon les espèces. Chez le chat, cette connexion s'effectue relativement loin avant l'ouverture du canal nasopalatin dans la cavité nasale, tandis que chez la martre, le raton laveur et le vison, elle a lieu à l'endroit où le canal vient déboucher à la base du septum. Comme la lumière du canal nasopalatin est de petit diamètre, ce point de communication revêt un intérêt fort particulier. En effet, comme je l'ai déjà fait remarquer, il est probable qu'une partie des sécrétions

glandulaires produites au niveau du vestibule sont acheminées vers l'organe de Jacobson et, pour y parvenir, empruntent donc le canal nasopalatin ou du moins le début (côté nasal) de ce dernier. Dès lors, il est évident que si l'organe de Jacobson débouche en un endroit en relation avec le plancher des fosses nasales, l'entrée se fera plus facilement que si les sécrétions doivent au préalable passer par un conduit étroit d'une certaine longueur. Le chat est donc sur ce point probablement moins favorisé que les autres espèces considérées.

L'épithélium de la zone sensorielle de l'organe de Jacobson est de même nature que l'épithélium olfactif proprement dit. J'ai suivi quelques nerfs à partir de cette zone; ces derniers atteignent les bulbes olfactifs accessoires, ce qui suggère l'existence d'un certain rôle olfactif de cet organe au moins à un moment de son histoire. Ariëns Kappers *et al.* (1965) donnent à cette branche du nerf olfactif, le nom de nerf voméronasal. Read (1908) note que l'organe de Jacobson chez *Felis domesticus* et *Canis familiaris* est aussi innervé par des fibres de la bran-

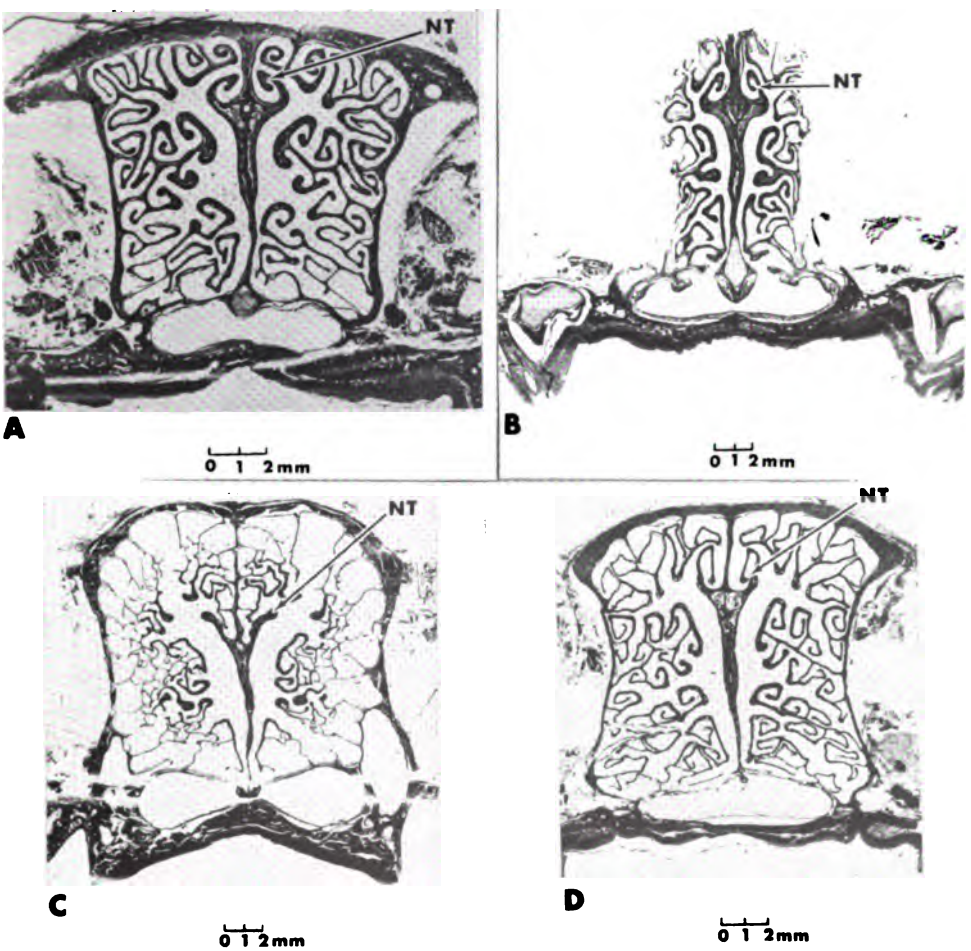


Figure 3. Morphologie d'ensemble au niveau des éthmoturbinaux: A) *Mustela vison*; coupe 1938, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson; B) *Felis domesticus*; coupe 1548, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson; C) *Procyon lotor*; coupe 3648, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson; D) *Martes americana*; coupe 2417, épaisseur 12 microns, trichrome de Masson.
Les os turbinés à ce niveau sont tous des ethmoturbinaux sauf le nasoturbinal qui est indiqué par NT.

che ethmoïdale antérieure et sphénoïdale du nerf trijumeau.

En ce qui concerne les glandes annexées à l'organe de Jacobson, on note l'absence, dans la zone sensorielle, de glandes de Bowman, ou de son équivalent. L'épithélium non sensoriel ne contient pas de cellules caliciformes pareilles à celles de la membrane respiratoire de la cavité nasale. Toutefois, on trouve sous cet épithélium pseudostratifié des acini dont les canaux viennent faire saillie à la surface. La *glande nasale interne* ou *glande de Jacobson* (noms donnés par Devillers, 1965) est bien développée chez les quatre espèces étudiées. Située à la base du septum, elle fait suite à l'organe lui-même. Ses sécrétions remplacent peut-être celles des glandes de Bowman, mais on n'en a aucune preuve puisqu'on ne connaît pas encore sa fonction exacte.

Le développement de l'ensemble de l'organe de Jacobson et de sa zone sensorielle en particulier n'a pas été étudié en détail puisque je ne disposais que d'un seul spécimen par espèce et que cette structure est ici d'intérêt secondaire. La dimension de l'organe peut être évaluée approximativement d'après la distance entre les deux coupes extrêmes (longueur) et les diamètres mesurés en trois points comparables, soit le tiers, la demie et les deux tiers (tableau III). L'organe de Jacobson semble moins développé chez *Mustela vison* que dans les trois autres espèces. On peut aussi observer que la surface de sa zone sensorielle n'est chez toutes les espèces étudiées que de l'ordre de quelques millimètres carrés; c'est chez le vison qu'elle est le moins étendue. On discutera plus loin de la possibilité d'établir un parallèle ou non entre le développement de la zone sensorielle dans l'organe de Jacobson et le développement de la zone correspondante mais beaucoup plus étendue, qui tapisse les fosses nasales.

MEMBRANE OLFACTIVE

La muqueuse olfactive de Schneider à laquelle on attribue les fonctions de perception des odeurs et de première transmission des influx vers le système nerveux central, est en principe la structure qui peut fournir le plus de renseignements sur l'importance comparative

TABLEAU III

Mesures faites sur l'organe de Jacobson

Mesure	*Felis domesticus*	*Martes americana*	*Mustela vison*	*Procyon lotor*
Longueur totale (mm)	*7.3*	*6.6*	*2.6*	*9.6*
Longueur de la zone sensorielle (mm)	*4.5*	*3.0*	*1.6*	*4.4*
Grand axe au 1/3 de l'organe (mm)	*0.60*	*0.58*	*0.49*	*0.65*
Petit axe au 1/3 de l'organe (mm)	*0.28*	*0.22*	*0.16*	*0.52*
Grand axe à la 1/2 de l'organe (mm)	*0.80*	*0.53*	*0.33*	*0.90*
Petit axe à la 1/2 de l'organe (mm)	*0.30*	*0.16*	*0.19*	*0.45*
Grand axe au 2/3 de l'organe (mm)	*0.73*	*0.47*	*0.29*	*0.52*
Petit axe au 2/3 de l'organe (mm)	*0.39*	*0.07*	*0.22*	*0.24*

probable de l'odorat. Son organisation histologique est particulièrement uniforme dans la classe des Mammifères, mais son architecture globale, notamment son étendue et le nombre de ses éléments sensoriels, se prête à certaines comparaisons.

La surface de la membrane olfactive a été étudiée de la façon suivante. Si l'on connaît l'épaisseur de chaque coupe on n'a qu'à mesurer la longueur de la membrane olfactive sur chacune d'elles pour obtenir l'autre dimension et calculer par simple multiplication une surface unitaire, c'est-à-dire correspondant à une seule coupe. Pour écourter l'opération, j'ai utilisé une coupe tous les 480 microns. Après agrandissement à l'aide d'un projecteur et délimitation des régions olfactives par examen microscopique puis report sur les projections, les mesures furent faites au curvimètre et transformées par le facteur de grossissement, ce qui permettait d'obtenir l'échelle réelle. Ces données furent ensuite portées en ordonnées sur graphique, les niveaux des coupes à partir du bord antérieur du rhinarium étant mis en abscisses. La surface sous la courbe fut mesurée au planimètre et transformée par le facteur d'échelle du graphique ; j'ai obtenu ainsi une estimation de la surface de la membrane olfactive de l'animal.

Pour évaluer le nombre de cellules olfactives, j'ai d'abord estimé leur densité dans la membrane olfactive. Vingt-cinq photographies des coupes furent prises au hasard ; je n'avais détecté à l'oeil aucune différence apparente de densité. La longueur de la section de membrane photographiée fut mesurée et le nombre de cellules sensorielles sur cette section compté. On distingue facilement la zone large des noyaux ronds des cellules sensorielles de la zone étroite des noyaux ovales des cellules de soutien et aussi de la ligne formée par les petits noyaux des cellules basales (fig. 4). Cependant comme les noyaux des cellules olfactives n'ont que 8 microns en moyenne et que chaque coupe a 12 microns d'épaisseur, je n'ai, en fait, compté par cette méthode qu'environ les deux tiers du nombre total d'éléments sensoriels. La mise au point du microscope ne se faisant que sur un plan, un tiers des noyaux présents sur chaque coupe ne figurent pas sur les photographies. J'ai ajusté le calcul des densités en augmentant de 50% les résultats précédents. Ayant au préalable mesuré la surface totale de la membrane olfactive, j'ai multiplié la densité par la surface pour obtenir le nombre total de cellules nerveuses chez chacune des espèces. Pour le but poursuivi dans ce travail, j'ai jugé que cette méthode approximative suffisait. Les diverses corrections appliquées aux comptages de noyaux ou de cellules en fonction de l'épaisseur des coupes ont été discutées par plusieurs auteurs et récemment par Pirlot (1972).

TABLEAU IV

La membrane olfactive, analyse quantitative

Espèce	*Surface de la membrane olfactive en cm²*	*Nombre total d'éléments sensoriels olfactifs*	*Nombre d'éléments sensoriels par cm²*
Felis domesticus	7	6.7×10^7	9.6×10^6
Martes americana	33	2.7×10^8	8.1×10^6
Mustela vison	14	1.3×10^8	9.5×10^6
Procyon lotor	36	2.9×10^8	8.0×10^6

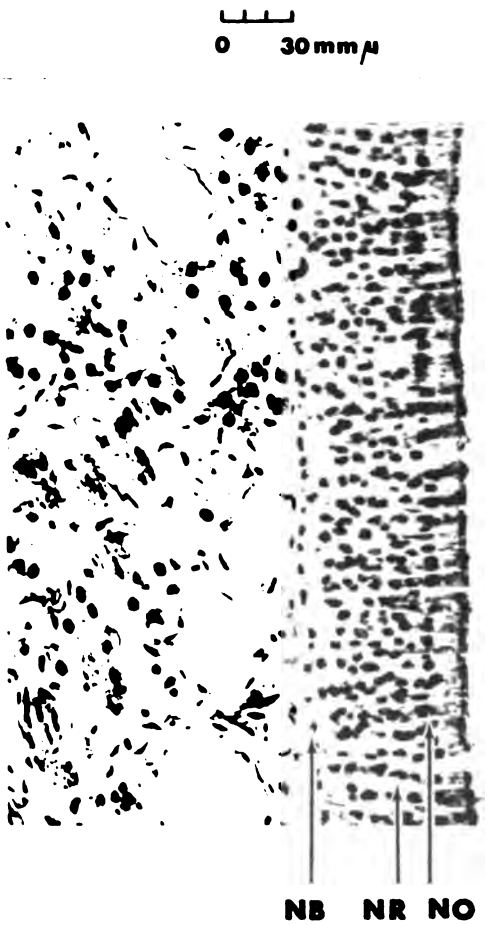


Figure 4. Membrane olfactive: *Mustela vison;* (coupe 1629) épaisseur 12 microns, Bodian. (NB) Petits noyaux des cellules basales, (NR) Noyaux ronds, (NO) Noyaux ovales.

Les résultats des deux étapes décrites ont été compilés dans le tableau IV. Chez *Procyon lotor* et *Martes americana,* la superficie totale de la membrane olfactive est sensiblement la même. Chez *Mustela vison,* je n'ai trouvé que la moitié de l'aire évaluée chez l'une ou l'autre des espèces précédentes. *Felis domesticus,* pour sa part, a une membrane olfactive dont la surface est la moitié de celle du vison et moins du quart de celle du raton laveur ou de la martre.

Si l'on considère le nombre total de cellules sensorielles contenues dans la *membrane olfactive,* on remarque à première vue que ce nombre est sensiblement proportionnel à l'étendue de celle-ci. Ainsi *Procyon lotor* et *Martes americana* ont un nombre de cellules à peu près identique. *Mustela vison* en a environ la moitié. *Felis domesticus,* enfin, a approximativement deux fois moins de cellules que le vison et quatre fois moins que le raton laveur et la martre.

En effectuant le calcul de densité, c'est-à-dire du nombre d'éléments sensoriels par centimètre carré, on trouve que *Mustela vison* et *Felis domesticus* ont une densité un peu plus élevée que *Martes americana et Procyon lotor.* Cette différence pourrait fort bien se rattacher au fait que mes spécimens de vison et de chat, étant de jeunes animaux, ont une densité de cellules plus forte que les adultes; Müller (1955) a déjà rapporté ce phénomène en étudiant la membrane olfactive chez *Canis familiaris.*

Discussion

COMPARAISON AVEC D'AUTRES DONNÉES

On peut comparer les résultats de cette étude de la membrane olfactive à ceux obtenus par d'autres auteurs sur *Canis familiaris* et *Homo sapiens.* Chez le chien domestique, l'équipement olfactif semble dépendre en partie de la race: les résultats varient entre 1.2 x 10^8 cellules sensorielles pour une surface de 74 cm^2 chez le basset (Müller, 1955) et 2.8 x 10^8 cellules pour une surface de 70 cm^2 pour un chien de race non identifiée (Wieland cité par Chauvin, 1969, qui n'indique toutefois pas sa source bibliographique). Le berger allemand possède 2.2 x 10^8 cellules olfactives pour 150 cm^2 de surface (Lauruschkus, 1942) et le terrier 1.4 x 10^8 cellules pour une surface de 83 cm^2 (Wieland, 1938). Les chiens à l'odorat le plus fin présentent donc une membrane olfactive assez semblable, de ce point de vue, à celles du raton laveur et de la martre; et les chiens les moins bien pour-

vus se rapprochent plutôt du vison. L'homme avec ses 2 x 10^7 cellules olfactives (Adey, 1959) se situe très en dessous ces Carnivores les plus pauvres puisqu'il ne possède qu'un nombre de cellules égal au tiers de celui du chat (fig. 5).

REVUE GLOBALE DE L'ORGANISATION DE L'APPAREIL OLFACTIF CHEZ LES 4 ESPÈCES

On peut rapprocher les observations faites plus haut sur les structures qui interviennent dans le conditionnement de l'air inspiré des mesures indicatives de la potentialité olfactive de ces espèces (surface membranaire et richesse en cellules sensorielles). Il serait bon de rappeler que les observations morphologiques de cette étude n'ayant été faites que sur un spécimen par espèce, il faut être prudent en tirant des conclusions à partir des données, particulièrement des résultats quantitatifs. Cependant il ne fait aucun doute que les observations morphologiques utilisées ici ont, bien que fondées sur un seul spécimen par espèce, la plus haute probabilité d'être valables pour un nombre élevé d'individus: il est bien connu que la variabilité de telles structures neurosensorielles est peu importante.

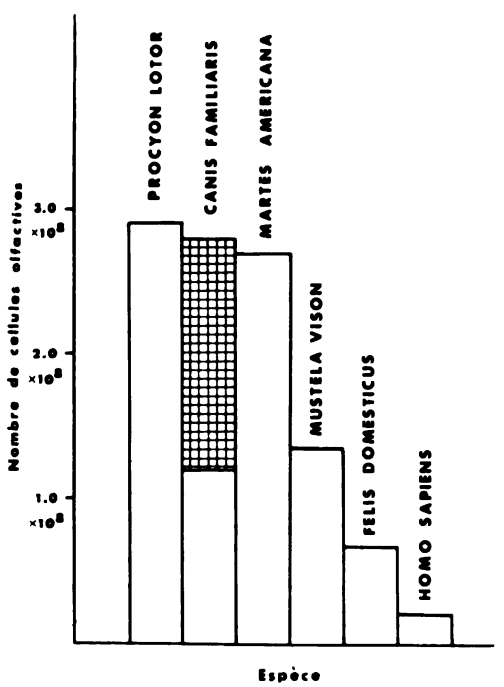


Figure 5. Comparaison des nombres absolus de cellules olfactives *propres à chaque* espèce.

Au niveau du vestibule, on avait d'abord remarqué une plus grande simplicité structurale chez le chat que chez les autres espèces: faux-cornets moins nombreux, glandes de Steno moins volumineuses et ouverture simple du canal nasolacrymal (cette ouverture est double chez les trois autres espèces étudiées). Or, comme on l'a vu, toutes ces structures jouent un certain rôle dans la modification de l'air inspiré. Cette simplicité relative de l'appareil de conditionnement de l'air semble aller de pair chez *Felis domesticus* avec la limitation du développement de la membrane olfactive.

Par contre, chez le vison qui apparaît moins avancé que la martre et que le raton laveur sur le plan de l'olfaction, je n'ai pas pu déceler de particularités, par comparaison avec ces deux autres espèces, dans le développement de l'appareil de conditionnement de l'air. Ceci, cependant n'exclut pas la possibilité d'une différence dans le nombre de glandes s'ouvrant dans le vestibule ou dans le volume des sécrétions produites. De toute façon, l'écart, s'il en existe un, est certainement moins grand parmi ces espèces qu'entre elles d'une part et *Felis domesticus* d'autre part.

Un autre aspect essentiel du conditionnement de l'air est son réchauffement. Et, comme on l'a vu plus haut, l'importance de ce processus est en grande partie fonction du développement de la membrane respiratoire sur le maxilloturbinal. Or, cet os turbiné est beaucoup moins feuilleté chez le chat que chez la martre, le raton laveur et le

vison, ce qui coïncide à nouveau avec la moindre finesse de l'odorat de ce félidé. Encore une fois, *Mustela vison,* qui est moins bien pourvu en structures proprement olfactives que *Procyon lotor* et *Martes americana,* ne se distingue pas morphologiquement de ces deux espèces en ce qui concerne le maxilloturbinal.

Si l'on rapproche maintenant le développement et la morphologie de l'organe de Jacobson des observations faites sur la muqueuse olfactive, on remarque plusieurs faits intéressants. D'abord, la surface de la zone sensorielle de cet organe est de l'ordre de quelques millimètres carrés seulement ce qui suggère, si on la compare à la surface de la zone olfactive proprement dite, que l'ensemble des fonctions olfactives possibles de l'organe de Jacobson n'est que très secondaire, à moins que cet organe ne soit le siège d'un type particulier de perception des odeurs. On a aussi observé que la communication entre la cavité nasale et l'organe voméronasal ne se fait que dans le canal nasopalatin chez le chat, tandis qu'elle se réalise sur le plancher des fosses chez le raton laveur, la martre et le vison, ce qui probablement rend l'organe un peu plus efficace chez ces derniers. Par contre, si l'on considère uniquement le degré de développement du même organe, on remarque que *Felis domesticus* l'a aussi bien développé que *Procyon lotor* et même mieux développé que *Martes americana* ; par contre, *Mustela vison* montre une nette régression de cette structure olfactive accessoire.

A la lumière de ces observations, il semble donc que *Felis domesticus* possède une organisation des fosses nasales assez différente de celle rencontrée chez *Martes americana, Mustela vison* et *Procyon lotor,* qui présentent, entre eux, de ce point de vue, à peu près la même *architecture. Le* chat montre une nette simplification des structures qui assurent le conditionnement de l'air et un moindre développement de la membrane olfactive; seul l'organe de Jacobson, bien que s'ouvrant de manière différente dans les fosses nasales, est aussi développé chez lui que chez le raton laveur et la martre. Le vison, quoique présentant une organisation nasale à peu près identique à celle du raton laveur et de la martre, accuse une nette réduction des structures olfactives principale et accessoire: membrane olfactive et organe de Jacobson. Par contre, tout ce qui touche le conditionnement de l'air chez cette espèce ne semble pas affecté.

Ainsi, *Mustela vison* ne présente qu'une différence quantitative avec *Procyon lotor* et *Martes americana,* tandis que *Felis domesticus* possède à la fois une morphologie différente et une membrane olfactive moins développée que les trois premières espèces. Ceci coïncide bien avec la classification des Carnivores, par Grassé (1955), en épimyctériens et hypomyctériens, classification fondée sur les os turbinés. Il semble donc que l'on puisse étendre cette distinction, du moins pour les espèces que j'ai étudiées ici, à l'ensemble de l'appareil olfactif.

Sur le plan évolutif, ceci signifie sans doute que le chat, du point de vue de son organisation sensorielle olfactive, a divergé depuis fort longtemps des autres Carnivores étudiés ici. Ces changements seraient par contre beaucoup plus récents chez le vison, où seul le nombre d'éléments sensoriels est réduit, ce qui serait attribuable à son mode de vie partiellement aquatique (voir section suivante). Le vison étudié étant un produit d'élevage, on pourrait objecter que cette réduction est due aux conditions de «domestication» mais ceci est fort peu probable si on se réfère au cas du chien où les races les plus proches de la souche sauvage ont conservé un odorat très développé.

RELATIONS ENTRE LA MORPHOLOGIE DES FOSSES NASALES ET L'ÉTHOLOGIE

Il serait fort intéressant de rapprocher les résultats morphologiques précédents des quelques connaissances éthologiques que l'on a des quatre animaux étudiés. Le mode de vie caché des Carnivores rendant l'étude de leur comportement très difficile, les renseignements à ce sujet sont malheureusement fort peu nombreux.

En ce qui concerne la recherche de la nourriture, le chat se distingue par une façon de chasser où la vue prédomine (Leyhausen, 1956). Or, d'après ce que l'on a trouvé sur le plan morphologique, il semblerait que le perfectionnement de la vue se soit fait «au détriment» de l'odorat. La spécialisation du chat pour l'attaque a fait de lui un «sprinter», c'est-à-dire que l'animal peut effectuer des départs rapides, mais ne peut courir que sur des distances relativement courtes. Une fois de plus, ces transformations suggèrent que le chat a divergé depuis longtemps des autres Carnivores étudiés, l'évolution ayant déjà agi en profondeur. Il reste à savoir si cette divergence ne serait pas tout simplement due à la domestication du chat. Je ne le crois pas pour deux raisons principales: premièrement, le chien qui est aussi un Carnivore domestiqué demeure comme on l'a vu, un animal à l'odorat très développé; et deuxièmement, comme le souligne Lorenz (1970), il n'y a pas d'animal qui, tout au long d'une association séculaire avec l'homme, ait aussi peu changé que le chat. Seule l'étude des Félidés typiquement sauvages pourrait trancher la question. On sait déjà que la plupart d'entre eux sinon tous, même le guépard, sont avant tout des «sprinters».

Si l'on se réfère aux idées de Bauchot et Stephan (1968) sur les insectivores aquatiques, le mode de vie partiellement aquatique de *Mustela vison* et *Procyon lotor* pourrait avoir eu une influence non négligeable sur le développement de leur odorat. En effet, selon ces auteurs, la réduction des centres olfactifs, chez les Mammifères, s'observe toujours chez les espèces aquatiques et chez les espèces suffisamment amphibies, adaptées secondairement à l'eau. La raison n'en est pas que l'olfaction n'est pas possible en milieu aquatique, comme l'on écrit nombre d'auteurs, car certains Vertébrés aquatiques peuvent avoir une olfaction bien développé, mais dans le fait que les transformations survenues au niveau de la muqueuse olfactive lors du passage du milieu aquatique au milieu terrestre seraient irréversibles, et que, conséquemment, le retour à l'eau entraînerait l'*atrophie* de cet organe sensoriel plutôt qu'un retour à l'organisation primitive (le contact de l'eau sur la muqueuse olfactive conduisant à l'*anosmie fonctionnelle*).

Comment expliquer alors le développement notable de l'odorat chez le raton laveur? Sans doute par le fait que le raton laveur, bien qu'attrapant de nombreuses proies aquatiques, demeure la plupart du temps sur les rives, le long des ruisseaux et des lacs, en pêchant à l'aide de ses «mains»; il ne plonge sous l'eau qu'assez rarement. On doit donc le considérer comme une espèce surtout terrestre ou ripicole. Par contre, le vison est un amphibie plus authentique; il poursuit souvent ses proies sous l'eau. Ainsi, l'idée d'une réduction due à la vie aquatique ne s'appliquerait pas au raton laveur, mais seulement au vison.

Cette dernière espèce possède cependant une organisation nasale d'ensemble assez semblable à celle de *Procyon lotor* dont on vient de préciser le mode de vie et à *Martes americana* qui est un Carnivore franchement terrestre. Seuls, l'étendue de la membrane olfactive, le nombre de cellules olfactives et l'importance de l'organe de Jacobson sont réduits chez le

vison. On a donc selon toute vraisemblance, affaire à une espèce en pleine évolution. Le retour partiel à la vie aquatique est probablement assez récent chez le vison.

Toujours à propos de *Procyon lotor*, on peut s'interroger sur l'influence que pourrait avoir eue sur le développement de l'odorat l'affinement de son sens tactile au niveau des pattes antérieures. D'après l'étude morphologique des structures olfactives, il ne semble pas y avoir de relation d'antagonisme entre les deux : l'odorat et les « mains » sont tous deux bien développés. Ceci n'exclut pas la possibilité qu'un autre sens, tel que la vue, soit affecté par le surdéveloppement olfactif ; cela reste à vérifier. A la lumière de ces résultats, on peut même supposer que l'odorat sert, chez *Procyon lotor*, à la localisation lointaine des proies terrestres (et probablement des végétaux entrant dans son régime alimentaire), tandis que les « mains » perfectionnées en facilitent la capture (ou la cueillette pour la nourriture végétale).

Enfin on peut s'y attendre en raison de leurs moeurs de traquage olfactif des proies et de marquage intensif par les odeurs, la martre et le chien sont bien pourvus en ce qui concerne le sens de l'odorat. L'utilisation abondante qu'ils en font coïncide parfaitement avec le développement poussé de leur appareil olfactif.

Pour la comparaison éthologique j'ai surtout insisté sur le comportement alimentaire des espèces étudiées ici. Il ne faudrait évidemment pas oublier que l'odorat joue aussi un rôle très important dans le marquage territorial, la vie sociale, la reproduction et l'élevage des jeunes chez les Carnivores. Comme on ne possède toutefois que peu de renseignements en ce qui concerne ces différents comportements au niveau *spécifique*, la comparaison entre espèces est pour le moment impossible de ce point de vue.

Remerciements

Je remercie le professeur Paul Pirlot de l'Université de Montréal qui a dirigé ce travail ainsi que le Conseil national de recherches du Canada qui a financé le projet (bourse d'étude et subvention A 0778 au Dr Pirlot). Mes remerciements vont aussi aux aides techniques qui ont contribué à la préparation des spécimens, des coupes et des photographies, ainsi qu'à la présentation matérielle du manuscrit.

Références

ADEY, W. R., 1959. The sense of smell. *In* Field, J. (ed.), Handbook of Physiology. American Physiological Society, Washington, D. C. Sec. I, Vol. 1 : 535-548.

ARIËNS KAPPERS, C. V., G. C. HUBER and E. C. CROSBY, 1965. The comparative anatomy of the nervous system of vertebrates, including man. Hafner Publishing Company, New York, 1845 p.

BAUCHOT, R. et H. STEPHAN, 1968. Etude des modifications encéphaliques observées chez les insectivores adaptés à la recherche de nourriture en milieu aquatique. *Mammalia*, 32 : 228-275.

BOJSEN-MOLLER, F., 1964. Topography of the nasal glands in rats and some other mammals. *Anat. Rec.*, 150 : 11-24.

CHAUVIN, R., 1969. Le comportement animal. Précis de Sciences Biologiques, Psychophysiologie, Tome II, Masson et Cie, Paris, 418 p.

DEVILLERS, C., 1965. Anatomie comparée, p. 9-439. *In* : P. P. Grassé et C. Devillers (ed.), Zoologie. Volume II : Vertébrés. Précis de sciences biologiques. Masson et Cie, Paris, 1129 p.

GRASSÉ, P. P., 1955. Ordre des Fissipèdes : caractères anatomiques, p. 194-212. *In* : P. P. Grassé (ed.), Traité de Zoologie : anatomie, systématique, biologie. Tome XVII : mammifères. Les ordres : anatomie, éthologie, systématique. Premier fascicule. Masson et Cie, Paris, 1170 p.

HAM, A. W., 1965. Histology. Fifth Edition. J. B. Lippincott Company, Montreal, 1041 p.

LAURUSCHKUS, G., 1942. Über Riechfeldgrösse und Riechfeld-koeffizient bei einigen Hunderassen und der Katze. *Arch. Tierheilk.*, 77, 473-497.

LEYHAUSEN, P., 1956. Das Verhalten der Katzen (Felidae) p. 1-34. *In:* W. Kukenthal (ed.), Handb. d. Zool. Band 8, Teil 10 (21). De Gruyter, Berlin.

LORENZ, K., 1970. Tous les chiens, tous les chats. Flammarion, Paris, 264 p.

MÜLLER, A., 1955. Quantitative Untersuchungen am Riechepithel des Hundes. *Z. Zellforsch.*, 41 : 335-350.

PIRLOT, P., 1969. Morphologie évolutive des chordés. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 1068 p.

PIRLOT, P., 1972. The spinal ganglion of bats. 3rd Int. Bat Res. Conf. (communication, en préparation).

PRECIUSO, L., 1927. Regio olfactoria. Nuovo Ercolani No. 32, H. 8/9.

READ, E. A., 1908. A contribution to the knowledge of the olfactory apparatus in dog, cat and man. *Amer. J. Anat.*, 8 : 17-47.

STARK, D., 1967. Le crâne des mammifères, p. 405-549. *In:* P. P. Grassé (ed.), Traité de Zoologie: anatomie, systématique, biologie. Tome XVI: mammifères. Téguments et squelette. Premier fascicule. Masson et Cie, Paris, 1162 p.

VERNE, J., 1963. Précis d'histologie. Masson et Cie, Paris, 690 p.

WIELAND, G., 1938. Über die Grösse des Riechfeldes beim Hunde. Inaug.- Diss., Berlin.

Naturaliste can., 100: 543-549 (1973).

ÉTUDE DE LA DIFFÉRENCE PHASAIRE DE RYTHME CARDIAQUE EN FONCTION DE LA LUMIÈRE ET DE LA TEMPÉRATURE CHEZ *LOCUSTA MIGRATORIA* L.

Jean-Pierre ROUSSEL

Laboratoire de biologie générale, Université Louis Pasteur,
et Equipe de recherche associée au C.N.R.S. N° 118
67000 Strasbourg, France

Résumé

Locusta migratoria se présente sous deux formes appelées «phases» qui possèdent un rythme cardiaque différent, plus élevé dans la phase solitaire. Chez les jeunes adultes, cette différence phasaire de rythme cardiaque existe continuellement au cours des 24 heures d'un nycthémère, à l'obscurité comme à la lumière. Le coeur des solitaires présente une plus grande réactivité à la lumière que celui des grégaires et ce durant les 12 heures de la période diurne. L'accroissement de température entre 25 et 41° C augmente le rythme cardiaque de la phase solitaire, en période diurne comme en période nocturne, de la même manière que chez la phase grégaire, un accroissement de 10° C accélérant le coeur de 30 bt/mn. Il n'existe pas de différence phasaire de sensibilité à la température.

Abstract

Locusta migratoria exists under a gregarious form and a solitary form which shows a higher cardiac rhythm than the first one. In young adults this phase difference of cardiac rhythm remains at every hour of a 24 hours day/night period. The heart of the solitary form always exibits a greater reactivity to light than the one of the gregarious form during the day period. The increase of temperature between 25 and 41° C increases the cardiac rhythm of the solitary form during the day- as during the night-period and in the same way than in the gregarious form 1° C corresponding to 3 bt/mn). There is no phase difference connected with the sensibility to temperature.

Introduction

Chez l'Orthoptère Acridien *Locusta migratoria* en phase grégaire, la lumière et la température ont une action sur le rythme cardiaque, le passage de l'obscurité à la lumière et l'élévation de température augmentant ce rythme (Roussel, 1971 a, 1972 a). Nous savons également que cette action cardio-accélératrice est, dans certains cas au moins, sous la dépendance de deux glandes endocrines, les *corpora allata* (Roussel, 1971 b).

La mise en évidence d'une différence de rythme cardiaque entre les phases grégaire et solitaire de *Locusta* (Roussel, 1972 b) rejoint les très nombreuses irrégularités physiologiques qui s'ajoutent aux différences morphologiques et comportementales relevées chez cette espèce entre les deux phases (Uvarov, 1966 et Albrecht, 1967).

Par ailleurs, nous avons également montré que, chez l'animal immobilisé, le solitaire était plus sensible à la lumière que le grégaire (Quéinnec et

Roussel, 1972). Alors que le rythme cardiaque décroît avec le temps d'immobilisation à l'obscurité dans les deux phases, on s'aperçoit que le ralentissement est, dans les deux phases, moins accentué à la lumière, mais surtout que la décroissance est moins importante chez les solitaires.

Une analyse détaillée de l'évolution du rythme cardiaque dans les deux phases de *Locusta migratoria* au cours des deux premières heures d'exposition à la lumière tend à montrer que la phase solitaire possède des réactions plus rapides et plus importantes que celles de la phase grégaire, ceci paraissant se placer dans un contexte de plus grande réactivité des solitaires aux stimulations externes (Quéinnec, 1973).

Nous envisageons dans ce travail l'action de la lumière sur le rythme cardiaque chez des animaux libres et soumis pendant des temps plus longs (12 heures) à ce facteur afin de compléter, d'une part les résultats connus sur les animaux immobilisés (Quéinnec et Roussel, 1972) et, d'autre part ceux réalisés à court terme (Quéinnec, 1973). Nous examinons également l'effet de la température sur le rythme cardiaque des solitaires et nous comparons les résultats obtenus à ceux de la phase grégaire.

Matériel et méthodes

Toutes les expériences sont réalisées sur de jeunes adultes de 6 à 12 jours de *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F. élevés comme indiqué précédemment (Roussel, 1973).

Les conditions particulières à chaque manipulation sont exposées au début ou au cours des paragraphes qui en indiquent les résultats.

Résultats

ACTION DE LA LUMIÈRE

Nous avons montré, dans la phase *grégaire, que les* Criquets modifiaient leur rythme cardiaque en fonction du cycle nycthéméral, c'est-à-dire que le passage de l'obscurité à la lumière induisait une variation de rythme cardiaque (Roussel, 1968). En effet, dans les conditions standard de l'élevage, le rythme cardiaque des jeunes adultes grégaires des deux sexes est d'environ 70 bt/mn la nuit et de 90 bt/mn le jour.

Nous étudions ici l'action de la lumière sur la phase solitaire de *Locusta migratoria* en suivant les modifications du rythme cardiaque au cours d'un nycthémère comprenant 12 h d'obscurité et 12 h de lumière. Le rythme cardiaque de 5 animaux est, en principe, mesuré toutes les deux heures, mais l'expérience est conduite de telle sorte que les mêmes animaux ne soient pas manipulés plus d'une fois toutes les six heures.

Les résultats sont exposés graphiquement sur la figure 1 en comparaison avec ceux de la phase grégaire, corrections faites pour des températures de 27°C la nuit et de 30° C le jour. En moyenne, la phase solitaire montre un rythme cardiaque de 82 bt/mn pendant la période obscure, ce qui correspond aux valeurs trouvées antérieurement (80 bt/mn: Roussel, 1972 b et 82 bt/mn: Quéinnec et Roussel, 1972). Au cours de la période lumineuse, le rythme

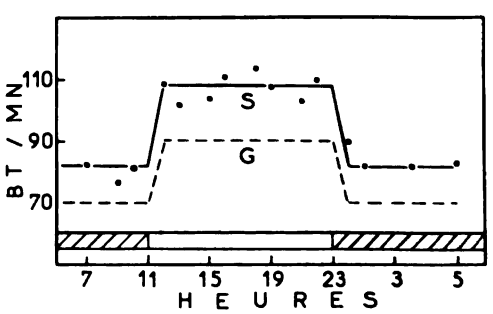


Figure 1. Rythme cardiaque en battements par minute (BT/MN) chez l'adulte de *Locusta migratoria* en phase solitaire (S) et en phase grégaire (G) au cours d'un nycthémère.

cardiaque augmente et passe en moyenne à 108 bt/mn. La variabilité au cours du temps dans les deux périodes, pour importante qu'elle soit, ne diffère pas tellement de celle des grégaires.

La comparaison du rythme cardiaque entre les deux phases, au cours des deux périodes du nycthémère, indique une variation de 12 bt/mn (70-82) pendant la période obscure et de 18 bt/mn (90-108) pendant la période diurne, les valeurs les plus élevées étant, chaque fois, trouvées chez la phase solitaire.

Le passage de l'obscurité à la lumière stimule donc plus les Criquets de la phase solitaire que ceux de la phase grégaire (augmentation supplémentaire de 6 bt/mn) dans les conditions standard de l'élevage et chez des animaux libres, ainsi que cela était déjà le cas des animaux immobilisés (Quéinnec et Roussel, 1972).

On pourrait nous faire remarquer ici que nous comparons le rythme cardiaque de Criquets solitaires à celui de Criquets grégaires établi plusieurs années auparavant (Roussel, 1968), les animaux des deux phases pouvant présenter entre eux de légères différences d'âge et les conditions climatiques n'étant qu'aléatoirement comparables.

Nous avons donc entrepris d'étudier le rythme cardiaque au cours du cycle nycthéméral simultanément chez des solitaires et chez des grégaires âgés exactement de 6, 8 et 10 jours. Dans un tel cas la différence de rythme cardiaque qui pourrait s'établir ne sera due qu'à la différence de phase.

Les résultats (fig. 2) appellent quelques remarques. Il convient tout d'abord de noter que tous les rythmes sont supérieurs de près de 10 bt/mn aux rythmes moyens étudiés jusqu'ici. Cette différence est à mettre sur le compte des conditions climatiques particulières qui régnaient dans la pièce d'élevage où furent entreprises les expériences.

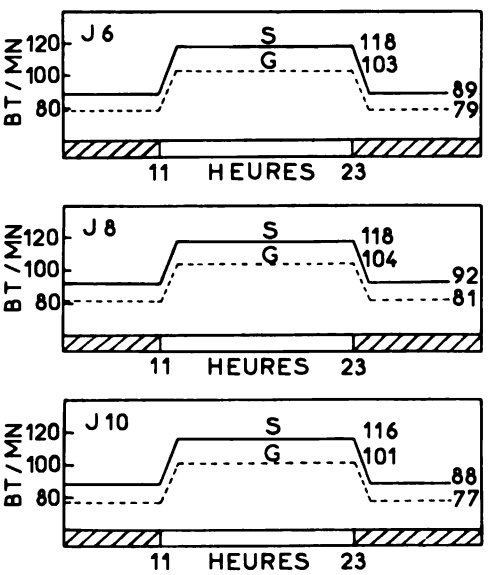


Figure 2. Rythme cardiaque en battements par minute (BT/MN) chez l'adulte de *Locusta migratoria* âgé de 6, 8 et 10 jours (J6, J8, J10) en phase solitaire (S) et en phase grégaire (G) au cours d'un nycthémère.

Néanmoins nous retrouvons une différence entre les deux phases qui reste sensiblement la même que précédemment. Elle est, pour la période nocturne, de 10 bt/mn à J 6 et de 11 bt/mn à J 8 et à J 10, pour la période diurne de 15 bt/mn à J 6 et à J 10 et de 14 bt/mn à J 8.

En définitive, les solitaires présentent également ici une plus grande sensibilité cardiaque à la lumière qui se caractérise par une augmentation supplémentaire de 3 à 5 bt/mn par rapport aux grégaires.

Cette augmentation est inférieure à celle que nous indiquions dans l'expérience précédente (6 bt/mn). Ceci peut être dû à l'augmentation générale de la température ou à l'élevage en commun, dans la même pièce, des deux phases de *Locusta*, si l'on suppose la présence possible d'une phéromone tendant à induire dans tous les individus qui y sont soumis le rythme cardiaque de la phase grégaire (Roussel, 1973).

ACTION DE LA TEMPÉRATURE

Le rythme cardiaque est mesuré en période diurne et en période nocturne à quatre températures constantes différentes: 25, 30, 34 et 41°C.

Entre 25 et 41°C, le rythme cardiaque de la phase solitaire de *Locusta migratoria* (fig. 3) s'accroît à peu près linéairement avec la température que ce soit en période diurne (109-160 bt/mn) ou en période nocturne (84-135 bt/mn). Cet accroissement est d'environ 50 bt/mn dans l'une ou l'autre période.

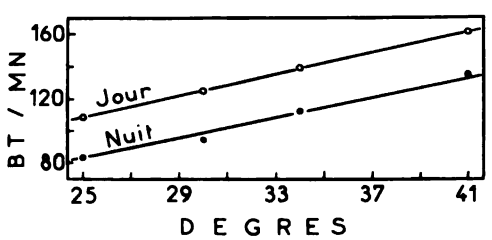


Figure 3. Rythme cardiaque en battements par minute (BT/MN) de l'adulte de *Locusta migratoria*, phase solitaire, en période diurne (Jour) et en période nocturne (nuit), en fonction de la température.

A ces mêmes températures, nous avons mesuré simultanément des Criquets solitaires et des Criquets grégaires (fig. 4).

La lumière provoque, à quelque *température que* ce soit, une augmentation de rythme cardiaque, comme nous l'avons vu précédemment.

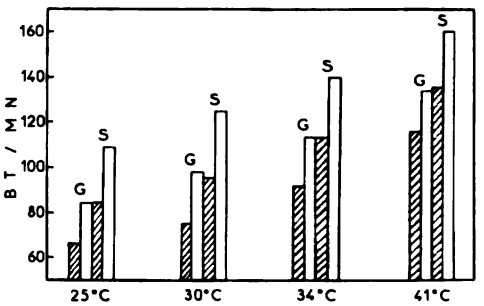


Figure 4. Comparaison du rythme cardiaque de *Locusta migratoria* phase solitaire (S) et phase grégaire (G) en période diurne (▭) et en période nocturne (▨) à différentes températures.

Lorsque la température varie, la sensibilité des solitaires à la lumière est-elle modifiée?

La différence d'augmentation du rythme cardiaque apportée par la lumière entre la phase solitaire et la phase grégaire en fonction de la température est de 7 bt/mn à 25°C (109-84 et 84-66), à 30°C (125-95 et 98-75), à 41°C (160-135 et 134-116) et de 5 bt/mn à 34°C (140-113 et 113-91), soit d'environ 7 bt/mn en moyenne, valeur qui confirme celles trouvées précédemment, spécialement au cours de la première expérience dans les conditions standard de l'élevage.

Lorsque la température augmente, il n'y a donc pas augmentation de la sensibilité à la lumière de la phase solitaire.

Le passage de l'obscurité à la lumière est marqué par une augmentation de 18, 23, 22, 18 bt/mn chez les grégaires (moyenne: 20 bt/mn) et de 25, 30, 27, 25 bt/mn chez les solitaires (moyenne: 27 bt/mn), résultats concordant en tous points avec ceux établis en températures alternées.

Existe-t-il maintenant une différence de sensibilité entre les solitaires et les grégaires en réponse à une augmentation de température?

Au cours de la période nocturne, lorsque la température passe de 25 à 41°C, le rythme cardiaque des grégaires varie de 60 à 116 bt/mn (+50 bt/mn) et celui des solitaires de 84 à 135 bt/mn (+51 bt/mn). L'augmentation de rythme en fonction de la température est donc comparable entre les deux phases pendant la période nocturne.

Au cours de la période diurne, le rythme cardiaque des grégaires passe de 84 à 134 bt/mn (+50 bt/mn) et celui des solitaires de 109 à 160 bt/mn (+51 bt/mn) entre 25 et 41° C. Cette augmentation est comparable dans les deux phases et semblable, de plus, à celle que l'on a relevée au cours de la période nocturne.

La phase solitaire n'est donc pas plus sensible à la température que la phase grégaire et l'augmentation de température ne modifie pas la sensibilité de la phase solitaire à la lumière. L'élévation de température de 1°C induit une augmentation de rythme cardiaque de 3 bt/mn chez les solitaires comme chez les grégaires.

Discussion et conclusions

Dans la phase solitaire de *Locusta migratoria*, en conditions d'élevage standard, le rythme cardiaque à l'obscurité est de 82 bt/mn et de 108 bt/mn à la lumière. Le passage de l'obscurité à la lumière augmente donc le rythme de 26 bt/mn. Dans les mêmes conditions, le rythme cardiaque de la phase grégaire est respectivement de 70 bt/mn à l'obscurité et de 90 bt/mn à la lumière, le passage de l'un à l'autre augmentant, dans ce cas, le rythme de 20 bt/mn (Roussel, 1968, 1972 a).

Nous mettons donc ici en évidence une plus grande réactivité du coeur à l'éclairement chez les animaux de la phase solitaire: il existe une augmentation supplémentaire de 6 bt/mn par rapport à la phase grégaire.

Des comparaisons simultanées du rythme cardiaque chez des animaux d'âges exactement connus des deux phases nous indiquent également une différence à peu près semblable (5 bt/mn): les solitaires ayant non seulement un rythme cardiaque toujours supérieur à celui des grégaires aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité, mais présentant aussi une plus forte accélération de rythme en réponse à un éclairement.

Ces résultats sont en parfaite concordance avec ceux obtenus précédemment dans la même espèce, mais sur des animaux immobilisés pendant deux heures (Quéinnec et Roussel, 1972 et Quéinnec, 1973), expériences au cours desquelles les effets de l'immobilisation et ceux de l'éclairement agissaient de façon antagoniste sur le rythme cardiaque.

Nos résultats actuels nous permettent de confirmer la sensibilité cardiaque différentielle à l'éclairement suivant les phases. La réponse à un éclairement de faible durée (quelques minutes à une heure), comme celle à un éclairement de longue durée (jusqu'à 12 h ici), montre clairement la capacité de réponse plus importante du coeur des solitaires. La réponse n'est pas variable en fonction de la durée de l'éclairement: en moins d'une heure elle est optimale sur des animaux en conditions physiologiques normales.

Ceci indique également que lors d'expériences précédentes (Quéinnec et Roussel, 1972 et Quéinnec, 1973) c'était bien l'immobilisation de l'animal qui interférait avec l'action de l'éclairement, comme avec celle de l'obscurité d'ailleurs, puisqu'il avait été montré, dans les deux cas, une diminution continue du rythme cardiaque en fonction du temps, ce qui ne se produit pas ici.

En réponse à la succession des jours et des nuits, les animaux de la phase solitaire réagissent comme ceux de la phase grégaire; un rythme cardiaque nocturne bas, un rythme cardiaque diurne plus élevé, ces deux rythmes étant constants. Ils s'établissent moins d'une heure après l'exposition aux conditions externes choisies. La seule différence qui existe entre les phases est le niveau plus haut du rythme cardiaque des solitaires et leur plus grande réactivité vis-à-vis de l'éclairement.

Le rythme cardiaque de la phase solitaire de *Locusta migratoria* varie linéairement en fonction de la température entre 25 et 41 °C. Il s'accroît ainsi de 51 bt/mn, soit un accroissement de 3 bt/mn pour 1° C, aussi bien en période diurne qu'en période nocturne.

La différence de rythme cardiaque entre le jour et la nuit est constante quelle que soit la température (environ 27 bt/mn). Ceci montre que la température ne modifie pas la sensibilité des solitaires à l'éclairement.

Nous nous sommes demandés alors si, de même qu'il existe une plus grande sensibilité des solitaires à l'éclairement, il existait aussi une plus grande sensibilité à la température.

Entre 25 et 41°C, le rythme cardiaque des solitaires augmente de 51 bt/mn et celui des grégaires de 50 bt/mn. Nous voyons donc que pour l'une ou l'autre phase 10°C apportent un accroissement de rythme d'environ 30 bt/mn.

L'accélération du rythme cardiaque apportée par la température, aussi bien en phase diurne qu'en phase nocturne (les différences sont les mêmes) est comparable dans les deux phases. Il n'existe donc pas dans la phase solitaire de *Locusta migratoria* une plus grande sensibilité à la température comme c'est le cas pour l'éclairement.

Nous avons eu tendance, jusqu'à présent (Roussel, 1972 b; Quéinnec et Roussel, 1972 et Quéinnec, 1973), à relier le plus haut rythme cardiaque des solitaires et leur plus grande sensibilité à la lumière aux *corpora allata*.

Or nous savons que ces organes endocrines jouent un rôle dans le contrôle de l'accélération cardiaque induite par la lumière et par la température, dans la phase grégaire (Roussel, 1971 b). En effet, il a été nettement établi que la lumière ou l'accroissement de température restait sans effet sur le rythme cardiaque des Criquets allatectomisés dès que ce rythme tendait à dépasser 100 bt/mn.

Il peut alors paraître curieux que, chez les solitaires, il y aît une dissociation des modalités d'action de deux phénomènes externes (lumière et température) liés chez les grégaires et paraissant agir sur le même organe endocrine.

Il est vraisemblable que le problème est fort complexe. On peut envisager que la différence hypothétique du fonctionnement des *corpora*

allata (Kennedy, 1962) entre les phases est beaucoup plus subtile qu'un simple fonctionnement plus important de ces organes chez les solitaires et plutôt liée à des différences de taux hormonaux mettant également en action d'autres organes endocrines (Girardie et Joly, 1967 et Joly, 1968).

On peut également envisager que la lumière et la température n'atteignent pas les *corpora allata* par les mêmes voies et que le relais ou même le récepteur existe dans le cas de la lumière mais n'existe pas dans le cas de la température chez les solitaires. C'est notamment la question des différences des récepteurs périphériques entre les phases (Quéinnec, Campan et Gallo, 1970 et Quéinnec, 1973).

Il est également possible que la différence phasaire ne soit pas liée à une activité secrétoire plus importante des *corpora allata* chez les solitaires, mais à une réactivité plus importante des cellules cardiaques des solitaires vis-à-vis de ces sécrétions (Quéinnec et Roussel, 1972 et Quéinnec, 1973).

De nouvelles expériences peuvent être envisagées pour essayer de mieux cerner les causes de la réactivité différente des solitaires et des grégaires à l'éclairement et pour approfondir le rôle des *corpora allata* dans les manifestations phasaires.

Références

ALBRECHT, F.O., 1967. Polymorphisme phasaire et biologie des Acridiens migrateurs. Masson et Cie, Paris, 194 p.

GIRARDIE, A. et P. JOLY, 1967. Mécanisme physiologique de l'effet de groupe chez les Acridiens. *Coll. Int. C.N.R.S., Paris*, 173: 127-145.

JOLY, P., 1968. Endocrinologie des Insectes. Masson et Cie, Paris, 344 p.

KENNEDY, J.S., 1962. La division du travail entre les phases acridiennes. *Coll. Int. C.N.R.S., Paris*, 114: 269-297.

QUEINNEC, Y., 1973. Sur le rôle modulateur de l'état physiologique dans les réponses à des stimulus significatifs chez les Insectes. Thèse, Toulouse, 271 p.

QUEINNEC, Y. et J. P. ROUSSEL, 1972. Influence de la phase sur les variations de l'activité cardiaque en fonction de l'éclairement chez *Locusta migratoria migratorioïdes. C. r. Acad. Sci., Paris*, 275: 71-74.

QUEINNEC, Y., R. CAMPAN et A. GALLO, 1970. Etude des réponses électrorétinographiques à différentes stimulations lumineuses chez *Locusta migratoria migratorioïdes* (R. et F.). Comparaison entre les différentes phases. *Ins. Soc.*, 17: 273-294.

ROUSSEL, J.-P., 1968. Le rythme cardiaque des deux derniers stades larvaires de *Locusta migratoria* L. et ses variations chez l'adulte au cours du cycle nycthéméral. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 267: 1992-1995.

ROUSSEL, J.-P., 1971 a. Actions de divers facteurs externes sur le rythme cardiaque de *Locusta migratoria* L. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 272: 289-292.

ROUSSEL, J.-P., 1971 b. Rôle des *corpora allata* et *cardiaca* sur l'action cardio-accélératrice de la lumière et de la température chez *Locusta migratoria* L. *J. Insect Physiol.*, 17: 1773-1782.

ROUSSEL, J.-P., 1972 a. Rythme et régulation du coeur chez *Locustra migratoria migratorioïdes* R. et F. *Acrica*, 1: 17-39.

ROUSSEL, J.-P., 1972 b. Différence phasaire de rythme cardiaque chez *Locusta migratoria* L. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 274: 2071-2073.

ROUSSEL, J.-P., 1973. Induction de la différence phasaire du rythme cardiaque chez *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F. *Naturaliste can.*, 100: 11-18.

UVAROV, B.P., 1966. Grasshoppers and locusts, I. Cambridge University Press.

Naturaliste can., 100: 551-560 (1973).

CRUSTACEAN PLANKTON OF GATINEAU PARK, QUÉBEC

C. J. MORRY[1]

Carleton University, Ottawa, Ontario

J. P. CUERRIER

Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario

and

Daniel J. FABER

National Museum of Natural Sciences, Ottawa, Ontario

Résumé

On a procédé au prélèvement vertical du plancton dans 19 lacs du parc de la Gatineau, dans l'ouest du Québec. Les six espèces de cladocères trouvées le plus souvent dans les lacs sont les suivantes: *Bosmina longirostris, Diaphanosoma leuchtenbergianum, Holopedium gibberum, Leptodora kindtii, Daphnia retrocurva* et *Daphnia galeata mendotae.* Pour ce qui est des copépodes, les huit espèces les plus souvent recueillies dans les lacs ont été les calanoides *Diaptomus minutus, D. oregonensis,* et *Epischura lacustris* et les cyclopoides *Tropocylcops prasinus mexicanus, Cyclops scutifer, C. bicuspidatus, C. vernalis* et *Mesocyclops edax.* Sur les 54 espèces prélevées dans les lacs, seulement huit copépodes et six cladocères furent retrouvés dans dix lacs ou plus. La répartition par espèce dans les lacs du parc de la Gatineau et les résultats d'études semblables réalisées en Ontario ainsi que dans les Etats de New York et du Maine font l'objet d'une brève comparaison.

Abstract

Vertical plankton tows were taken in nineteen lakes in Gatineau Park, western Québec. The six species of Cladocera found most often in the lakes included *Bosmina longirostris, Diaphanosoma leuchtenbergianum, Holopedium gibberum, Leptodora kindtii, Daphnia retrocurva* and *Daphnia galeata mendotae.* The eight species of Copepoda found most often in the lakes included the calanoids *Diaptomus minutus, D. oregonensis,* and *Epischura lacustris* and the cyclopids *Tropocyclops prasinus mexicanus, Cyclops scutifer, C. bicuspidatus, C. vernalis* and *Mesocyclops edax.* From a total of 54 species found in the lakes there were only eight copepods and six cladocerans that were found occurring in ten or more lakes. A brief comparison of the species composition of the Gatineau Park lakes with similar surveys in Ontario, New York and Maine is made.

Introduction

The freshwater microcrustacea fauna of western Québec is not well known and this region has generally been considered to be similar to lake regions in adjacent Ontario which have been studied more intensively. This study was undertaken as a baseline study of the Gatineau Park lakes prior to further fisheries management action or other recreational activities. Although there is still a great deal to be learned about the ecology and taxonomy of these microcrustacea found in this part of North America, this study provides some infor-

[1] Present adress: Fisheries and Marine Services, St. John, Newfoundland.

mation about the planktonic crustaceans in nineteen lakes heretofore neglected.

There have been a few surveys of the limnetic microcrustaceans of lakes to the west and south of Gatineau Park. All these lakes lie within the Great Lakes drainage system, but as might be expected, they exhibit a wide range of limnological characteristics. Hall and Waterman (1967) surveyed the planktonic crustaceans in 11 of the Finger Lakes of New York in the spring and early autumn of one year. They (Hall and Waterman, 1968) also surveyed 36 lakes and ponds in the Adirondack region of New York during the same time. They described two as high altitude lakes, nine as large lakes and 25 as small lakes and ponds. Forty-five lakes in northwestern Ontario of varying sizes were surveyed for their microcrustacea by Patalas (1971) during July-September. Carter (1971) lists the species of microcrustaceans and their abundance in 32 lakes and ponds near Georgian Bay, Ontario. Bernard and Lagueux (1972) recently identified the planktonic Crustacea in Lake Bédard in Laurentides Park, Québec. This survey of Gatineau Park lakes provides baseline information about a group of lakes that are subjected to increasing recreational activities.

Methods

Zooplankton samples were collected and immediately preserved during the months of June, July and August, 1969, and monthly during September-April, 1972-73, using a standard Wisconsin-style plankton sampler. The mouth of the sampler measured 450 cm^2, the net length was 80 cm and the netting was No. 20 silk bolting cloth with 0.076 mm mesh openings. Vertical hauls were taken at or near the deepest part of the lake from the bottom to the top. The open net with glass bottle attached was allowed to settle just above the lake bottom and then retrieved at about 0.5 metres/sec. At the same station, temperature and dissolved oxygen profiles were also determined (Morry, 1973 ms.). Many samples were sub-sampled with a stempel pipet and normally 100-200 specimens were identified from each sample. Rotifers and other non-crustaceans were not identified. Nomenclature and taxonomy follow Brooks (1957) and Edmondson (1959).

The study lakes

All of the 19 lakes lie in Gatineau Park (Fig. 1) which is under the management of the National Capital Commission, Ottawa. The lakes are mainly soft water

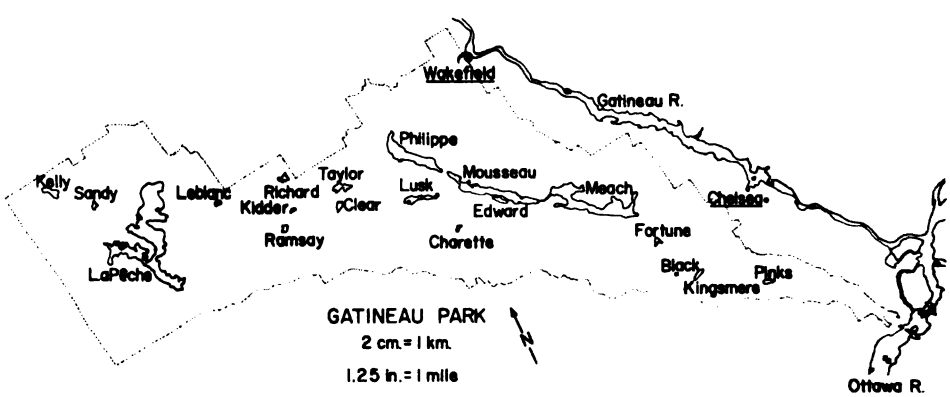


Figure 1. A map of Gatineau Park showing locations of the lakes sampled for crustacean *plankton.*

TABLE I

Limnological characteristics of lakes sampled for microcrustacea in Gatineau Park, Québec

Lake	*Date sampled*	*Area (acres)*	*Approx. Max. depth (feet)*	*Surface sp. conduct. (micromhos) at 25° C*	*Surface hardness ($CaCO_3$) in p.p.m.*	*Drainage system**
Black	23 July '69	4	30	127	54.8	E
Clear	——	26	60	—	—	C
Charette	——	17	50	—	—	C
Edouard	15 July '69	35	20	43	16.1	C
Fortune	23 July '69	18	60	98	40.3	D
Mousseau	15 July '69	519	60	78	33.1	C
Kelly	29 July '69	69	35	120	50.0	A
Kidder	11 Sept. '68	14	50	173	33.7	B
Kingsmere	18 July '69	25	35	163	64.7	E
Lapêche	29 July '69	1,775	90	117	53.2	A
Leblanc	11 Sept. '68	17	27	61	25.3	B
Lusk	21 July '69	71	70	37	14.3	C
Meach	15 July '69	680	70	100	45.7	C
Philippe	17 July '69	438	45	89	39.4	C
Pinks	12 Sept. '68	28	60	271	134.0	F
Ramsay	11 Sept. '68	25	35	69	33.7	B
Richard	——	36	60	—	—	B
Sandy	30 July '69	12	45	55	24.6	A
Taylor	22 July '69	73	40	83	37.5	C

*A — Lapêche River to Gatineau River, B — Lapêche River South to Gatineau River, C — Meach Brook to Gatineau River, D — Fortune Brook to Chelsea Brook to Gatineau River, E — Lake of Mountains to Ottawa River, F — Leamy Creek to Gatineau River.

drainage lakes with total hardness ranging from 14.3 to 64.7 p.p.m. Pinks Lake is exceptional for it shows meromixis with high dissolved salts (total hardness of 134.0). The pH of the lakes range from 6.2-7.8. Table I lists several limnological characteristics of each lake (Some data taken from Cuerrier and Dadswell, 1969). Six small watersheds drain theses lakes within Gatineau Park but they all eventually drain into the Ottawa River. Elevation of the lakes ranges from 0.15 km (500 ft.)-0.32 km (100 ft.) above sea level.

Results

The list of species collected in the limnetic regions of the 19 Gatineau Park lakes is presented in Tables II and III. A total of 54 species were identified, 37 cladocerans and 17 copepods. Many of these species are normally found in the shallow littoral region of lakes and this is reflected in their small numbers in the open water. It is recognized that a number of species that occur in these lakes have been missed in this survey owing to limited sampling during the year and to the sub-sampling procedures applied to the samples.

THE CLADOCERA

Table II shows that six species of cladocerans occurred in ten or more of these Gatineau Park lakes and the remaining 31 species occurred sparsely. The six dominant species represent five different genera and include Bosmina

TABLE II

The occurrence of cladocerans in nineteen lakes in Gatineau Park, Québec, during June — August 1969 and September — April 1972-73. Numbers in brackets below the lake names indicate the number of plankton samples examined

	Number of occurrences in lakes	Lac Lapêche	Black Lake	Fortune Lake	Lac Philippe	Meach Lake	Taylor Lake	Lusk Lake	Kelly Lake	Lac Mousseau	Kidder Lake	Clear Lake	Pinks Lake	Sandy Lake	Ramsey Lake	Lac Leblanc	Kingsmere Lake	Lac Edouard	Lac Richard	Lac Charette
		(27	(10)	(11)	(13)	(16)	(13)	(12)	(3)	(7)	(13)	(3)	(10)	(5)	(5)	(12)	(2)	(5)	(5)	(2)
Limnetic Dwelling Species																				
Bosmina longirostris (O.F. Müller, 1785)	19	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diaphanosoma leuchtenbergianum Fischer, 1850	17	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Holopedium gibberum Zaddach, 1855	15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+				+
Daphnia retrocurva Forbes, 1882	12	+	+				+	+	+		+		+	+	+	+	+	+		
Leptodora kindtii (Folke, 844)	11	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+							
Daphnia galeata mendotae Birge, 1918	10	+			+	+	+		+	+		+		+			+		+	
D. longiremis Sars, 1861	7		+	+	+	+			+	+	+									
D. dubia Herrick, 895	6	+			+	+			+			+		+						
D. catawba Coker, 1926	5	+		+		+										+				+
Ceriodaphnia lacustris Birge, 1893	4	+												+	+			+		
C. pulchella Sars, 1862	3		+			+	+													
Daphnia ambigua Scourfield, 1847	3					+	+	+												
D. schødleri Sars, 1862	2				+		+													
D. publicaria Forbes, 1893, Amend. Hrbácek 1959	2							+		+										
D. laevis Birge, 1879	1			+																

D. middendorffiana Fischer, 1851	1	+																		
D. parvula Fordyce, 1901	1				+															
D. pulex Leydig, 1860	1		+																	
Diaphanosoma brachyurum (Liéven, 1848)	1			+																
Littoral Dwelling Species																				
Chydorus sphaericus (OF. Müller, 1785)	8	+	+	+	+	+	+	+			+									
Sida crystallina (O.F. Müller, 1785)	4	+	+	+				+												
Alona affinis (Leydig, 1869)	3	+	+				+													
Camptocercus rectirostris Schødler, 1862	3	+	+	+																
Acroperus harpae Baird, 1843	2	+			+															
Eurycercus lamellatus (O.F. Müller, 1785)	2	+		+																
Scapholeberis kingi Sars, 1903	2								+			+								
Alonella nana (Baird, 1950)	2	+	+																	
**A. acutirostris* (Birge, 1878)	2		+					+												
Alona rectangula Sars, 1861	2				+								+							
Polyphemus pediculus (Linnaeus, *1761*)	2					+	+													
Alona quadrangularis O.F. Müller, 1785	1	+																		
A. guttata Sars, 1862	1			+																
A. costata Sars, 1862	1		+																	
***Leydigia quadrangularis* (Leydig, 1860)	1	+																		
Ophryoxus gracilis Sars, 1861	1	+																		
Simocephalus serrulatus (Koch, 1841)	1			+																
S. vetulus Schødler, 1858	1		+																	
Number of species in each lake		20	16	12	12	12	12	10	9	7	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3

* This species has been transferred to the genus *Disparalona* by Fryer (1971).

** This species name has been invalidated by Brandlova *et al.* (1972) and changed to *leydigii*.

TABLE III

The occurrence of calanoid and cyclopoid copepods in nineteen lakes in Gatineau park, Québec, during June — August, 1969, and September — April, 1972-73. Numbers in brackets below the lake names indicate the number of plankton samples examined

	Number of occurrences in lakes	Lac Lapêche	Meach Lake	Fortune Lake	Lac Mousseau	Black Lake	Lac Philippe	Kidder Lake	Taylor Lake	Lusk Lake	Lac Edouard	Lac Richard	Sandy Lake	Ramsey Lake	Lac Leblanc	Kingsmere Lake	Pinks Lake	Lac Charette	Kelly Lake	Clear Lake
		(27)	(16)	(11)	(7)	(10)	(13)	(13)	(13)	(12)	(5)	(5)	(5)	(5)	(12)	(2)	(10)	(2)	(3)	(3)
Limnetic Dwelling Species																				
Calanoida																				
Diaptomus minutus Lilljeborg, 1889	19	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Epischura lacustris S.A. Forbes, 1882	18	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diaptomus oregonensis Lilljeborg, 1889	10	+	+		+		+	+	+		+	+	+	+						
D. leptopus S.A. Forbes, 1882	3			+		+												+		
Cyclopoida																				
Tropocyclops prasinus mexicanus Kiefer, 1938	17	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Cyclops scutifer Sars, 1863	12	+	+		+		+			+		+	+		+	+		+	+	+
C. bicuspidatus thomasi S.A. Forbes, 1882	11	+	+		+		+	+	+	+		+		+	+				+	
Mesocyclops edax (S.A. Forbes, 1891)	11	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+					
Cyclops vernalis Fischer, 1853	10	+	+	+	+	+			+		+					+	+	+		

Littoral Dwelling Species																				
Cyclopoida																				
Orthocyclops ***modestus*** (Herrick, 1883)	7	+	+	+		+			+							+	+			
Eucyclops speratus (Lilljeborg, 1901)	4	+	+	+	+															
E agilis (Koch, 938)	3	+		+		·		+												
Macrocyclops albidus (Jurine, 1820)	2			+						+										
M. ater (Herrick, 1882)	1	+																		
Paracyclops fimbriatus poppei (Rehberg, 1880)	1					+														
Harpacticoida																				
Attheyella dentata (Poggenpol, 1874)	1					+														
Canthocamptus ***staphylinoides*** Pearse, 1905	1	+																		
Number of species in each lake		13	10	9	9	8	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	4

longirostris, Diaphanosoma leuchtenbergianum, Holopedium gibberum, Leptodora kindtii, Daphnia retrocurva and *Daphnia galeata mendotae.* The data in Table II indicate that the lakes contained from 3 to 20 species. Lac Lapêche shows an overwhelming diversity of species in comparison to the other lakes. Generally, but not in all cases, the lakes with the least number of samples show the smallest number of species suggesting that additional sampling in the other lakes might produce additional species.

Half of the cladoceran species recorded from this survey are normally taken in the limnetic region of lakes while the other half live more commonly in the littoral region (Table II). The limnetic dwelling cladocerans from the Finger Lakes of New York (Hall and Waterman, 1967) show a similar composition to that of the Gatineau Park lakes except that *Holopedium gibberum* did not occur often, and *Ceriodaphnia lacustris* was absent. The Adirondack lake survey (Hall and Waterman, 1968) also showed similar composition of cladocerans except that *Leptodora kindtii* and *Ceriodaphnia lacustris* were absent and *D. catawba* dominated the *Daphnia* species. The northwestern Ontario survey of lakes (Patalas, 1971) showed a strikingly similar composition to the Gatineau Park lakes. The Georgian Bay pond survey (Carter, 1971) also showed a similar cladoceran composition except that *D. ambigua* occurred most often among the *Daphnia* species. The survey of Lake Bédard in Laurentides Park (Bernard and Lagueux, 1972) produced six cladoceran species which is similar to the average number of cladoceran species (5.8 species per lake) found in the Gatineau Park lakes. The Great Lakes contain more species than the Gatineau Park lakes for Carter (1972) recorded thirteen species in Lake Huron. Patalas (1969) recorded eleven species in Lake Ontario, Davis (1969) recorded nine species in Lake Erie and Wells (1960) and McNaught (1966) also recorded nine species in Lake Mighigan. The data for *Daphnia* species from 143 lakes in Maine (Brooks, 1957) showed the same composition of species but in a different order of occurrence within the lakes. Brandlova *et al.* (1972) recorded 70 species of limnetic and littoral species of Cladocera from Ontario lakes and their list of limnetic dwelling species is identical to those from the Gatineau Park lakes.

THE COPEPODA

Eight species of copepods occurred in ten or more of the Gatineau Park Lakes (Table III). These species are *Diaptomus minutus, D. oregonensis, Epischura lacustris, Tropocyclops prasinus mexicanus, Cyclops bicuspidatus thomasi, C. scutifer, C. vernalis,* and *Mesocyclops edax.* In the summer, the Gatineau Park lakes possess from 4 to 13 species of copepods containing 2 or 3 calanoids and 2 to 7 cyclopids. As with the cladocerans, Lac Lapêche shows the greatest diversity of species in comparison to the other lakes. In general, the same group of lakes that contained the largest number of cladocerans also contained the largest number of copepods.

Nine species of copepods are typically limnetic dwelling and eight are littoral dwelling. The limnetic dwelling species found in the Finger Lakes of New York (Hall and Waterman, 1967) are similar to those found in the Gatineau Park lakes except that *Diaptomus sicilis* replaces *D. leptopus* and the deep oligotrophic species, *Limnocalanus macrurus* and *Senecella calanoides,* are present. The copepod composition of the Adirondack lake survey is even more similar for the only difference was the inclusion of *D. sanguineus* in three Adirondack lakes. The northwestern Ontario survey of lakes (Patalas, 1971) was also similar except for the addition of *Diaptomus sicilis* and the two deep oligotrophic species

mentioned above. The Georgian Bay pond survey included four species not found in the Gatineau Park lakes, i. e. *D. reighardi, D. ashlandi, Eurytemora affinis* and *Mesocyclops leukarti.* The lake Bédard survey (Bernard and Lagueux, 1972) recorded six species less than that found in the Gatineau Park lakes. As with the cladocerans the Great Lakes contain more limnetic copepod species than the Gatineau Park lakes. For example, Carter (1972) recorded thirteen species in Lake Huron, Patalas (1969) eleven species in Lake Ontario, Davis (1969) eleven species from Lake Erie and Wells (1960) recorded nine species in Lake Michigan. Rigler and Langford (1967) in their study of the calanoid copepods of 107 southern Ontario lakes recorded four more species of *Diaptomus* than the present study.

Discussion

The species composition of the summer microcrustacea varied from lake to lake in Gatineau Park. Lac Lapêche had the greatest number of species and lac Charette had the fewest. These differences are caused by complex factors including differences in sampling effort, lake hydrography, chemical limnology, and others. The list of species of limnetic crustaceans of the Gatineau Park lakes showed striking similarities to lists produced by other lake surveys in southern and northern Ontario, northern New York and Maine.

Although the distribution of these species seems to conform with Brooks' (1957) theory of distinctive assemblages of *Daphnia,* a more realistic theory would be that species are distributed independently. There may, however, be similar ecological conditions within these assemblages that affect the zoogeographic distribution of individual species.

Further taxonomic study is needed on these animals in North America, for although the keys in Edmondson (1959) were mainly used for the studies cited in this paper, we suspect some differences in identifications may be the result of different workers. A major source of variation in such tedious laboratory work can always be attributed to variations in identifications between individual workers.

Another major problem concerning the identification of freshwater microcrustacea was studied by Price (1958) who demonstrated that a pattern of reproductive isolation existed between 30 populations of the variable cyclopid species, *Cyclops vernalis* Fischer. Most of the reproductive isolates showed morphological variability with the degree and nature of the variability differing from one isolate to another. These results suggest that cryptic speciation (or hidden species) might also be present in other groups of plankton in Gatineau Park lakes.

Acknowledgements

We are grateful to Gary Laver and James Kelly for collecting the samples. We also thank A. R. Ede, Director of Parks and Grounds Division and M. M. Outhet, Manager of Parks, N. C. C. for their cooperation and support. The Canadian Wildlife Service, Ottawa, provided field equipment and the National Museum of Natural Sciences provided laboratory equipment and facilities. Dr. K. Patalas, Freshwater Institute, Department of Environment, Winnipeg, Manitoba, confirmed identifications of several animals which presented taxonomic problems. This study was financially supported by the Canadian Wildlife Service and the National Capital Commission, Ottawa.

References

BERNARD, J. G. et R. LAGUEUX, 1972. Association planctonique (Cladocères et Copépodes) d'un lac dimicitique du parc des Laurentides, Québec. *Naturaliste can.*, 99: 381-409.

BRANDLOVA, J., Z. BRANDL and C. H. FERNANDO, 1972. The Cladocera of Ontario with remarks on some species and distribution. *Can. J. Zool.*, 50(11): 1337-1500.

BROOKS, J. L., 1957. The systematics of North American *Daphnia*. *Mem. Conn. Acad. Arts Sci.*, 13: 1-180.

CARTER, J. C. H., 1971. Distribution and abundance of planktonic Crustacea in ponds near Georgian Bay (Ontario, Canada) in relation to hydrography and water chemistry. *Arch. Hydrobiol.*, 68: 204-231.

CARTER, J. C. H., 1972. Distribution and abundance of planktonic Crustacea in Sturgeon Bay and Shawanaga Inlet, Georgian Bay, Ontario. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 29: 79-83.

CUERRIER, J. P. and M. J. DADSWELL, 1969. Limnology and experimental fishery management studies in Gatineau Park, during 1966. Manuscript Report, Canadian Wildlife Service Limnology Section, Ottawa, 107 p.

DAVIS, C. C., 1969. Seasonal distribution, constitution and abundance of zooplankton in Lake Erie. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 26: 2459-2476.

EDMONDSON, W. T. ed. 1959. Freshwater biology, 2nd edition. John Wiley and Sons, N. Y., 1248 p.

FRYER, G., 1971. Allocation of *Alonella acutirostris* (Birge) (Cladocera, Chydoridae) to the genus *Disparalona*. *Crustaceana* 21: 221-222.

HALL, D. J. and G. G. WATERMAN, 1967. Zooplankton of the Finger Lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 12 (3): 542-544.

HALL, D. J. and G. G. WATERMAN, 1968. Zooplankton of the Adirondacks. *J. N. Y. Fish. Game*, 15 (2): 186-190.

McNAUGHT, D. C., 1966. Depth control by planktonic cladocerans in Lake Michigan. Publ. Great Lakes Res. Div. (Michigan Univ.), No. 15, p. 98-108.

MORRY, C. J., 1973. A survey of the limnetic zooplankton of Gatineau Park, Quebec. M. Sc. thesis, Carleton Univ., Ottawa.

PATALAS, K., 1969. Composition and horizontal distribution of crustacean plankton in Lake Ontario. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 26: 2135-2164.

PATALAS, K., 1971. Crustacean plankton communities in forty-five lakes in the experimental lakes area, nortwestern Ontario. *J. Fish. Red. Bd Can.*, 28 (2): 231-244.

PRICE, J. L., 1958. Cryptic speciation in the *vernalis* group of Cyclopidae. *Can J. Zool.*, 36: 285-303.

RIGLER, F. H. and R. R. LANGFORD, 1967. Congeneric occurrence of species of *Diaptomus* in southern Ontario lakes. *Can. J. Zool.*, 45: 81-90.

WELLS, L., 1960. Seasonal abundance and vertical movements of planktonic crustacea in Lake Michigan. *Fishery Bull., Fish Wildl. Serv. U. S.*, 60 (172): 343-369.

Naturaliste can., 100: 561-575 (1973).

HISTOIRE POSTGLACIAIRE DE LA VÉGÉTATION DANS LA RÉGION DE SAINT-RAYMOND DE PORTNEUF, TELLE QUE RÉVÉLÉE PAR L'ANALYSE POLLINIQUE D'UNE TOURBIÈRE

Pierre RICHARD

Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec

Résumé

L'histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Saint-Raymond de Portneuf débute, d'après ce diagramme qui ne rend pas compte du tardi-glaciaire, vers 8,000 ans avant aujourd'hui. Une première phase de végétation herbacée et arbustive a été rapidement suivie par une courte phase d'afforestation où la Pessière a joué le plus grand rôle. Une Sapinière à bouleau blanc s'est ensuite installée pour être remplacée subséquemment par la Sapinière à bouleau jaune. L'Erablière à bouleau jaune est enfin apparue pour constituer la végétation climacique dominante jusqu'à nos jours. Le diagramme a posé des difficultés d'interprétation qu'une méthodologie, faisant intervenir le type de paysage et les résultats d'étude de la pluie sporopollinique actuelle, a permis de solutionner, du moins en partie.

Abstract

The pollen diagram gives the postglacial vegetational history for the last 8000 years. The whole late-glacial is lacking of the geomorphological position of the bog on a late glacial outwash plain. The first vegetation is composed of herbs and shrubs, which were rapidly replaced by an open spruce community. Subsequently, a white birch-balsam fir community established itself and was replaced afterwards by a yellow birch-balsam fir community. Sugar maple stands containing yellow birch replaced fir stands and maintained themselves until present time. Difficulties were encountered in the reconstruction of past vegetation from the pollen diagram. A methodology is proposed which takes into account the type of landform and the results of present pollen rain studies of known plant communities.

Introduction

L'analyse pollinique est une méthode d'investigation paléobiogéographique au sens large. Elle permet en effet, selon le spécialiste qui l'utilise, la reconstitution de l'un ou l'autre, ou de plusieurs facteurs de l'environnement, à travers les âges.

Au Québec, ce sont les géologues qui furent les principaux utilisateurs de la méthode, à des fins de stratigraphie quaternaire et pour la reconstitution des paléo-climats. Quel que soit l'usage que l'on fasse des diagrammes polliniques — climatique, stratigraphique, chronologique, pédologique, etc... — il reste que l'instrument de la méthode est le pollen, et que ce pollen est produit par une certaine végétation. La reconstitution la plus exacte possible de la végétation doit demeurer la démarche primordiale du palynologue-paléobiogéographe. C'est par elle que doit passer l'interprétation, qu'elle soit climatique ou autre.

La caractéristique des présentes recherches consiste justement à interpréter le diagramme, non pas en termes de dominances polliniques à telle ou telle époque, mais bien en termes de vé-

gétation. Ce but n'est atteint qu'imparfaitement, mais s'insère dans une démarche progressiste des recherches sur l'histoire de la végétation et de l'environnement.

Les résultats de la présente étude sont à comparer à ceux d'une étude analogue effectuée à l'ile d'Orléans et dans le par des Laurentides (Richard, 1971). Il s'intègrent dans un projet visant à recons tituer l'histoire tardiglaciaire et post glaciaire de la végétation de la régio située entre le lac Saint-Jean et le la Mégantic.

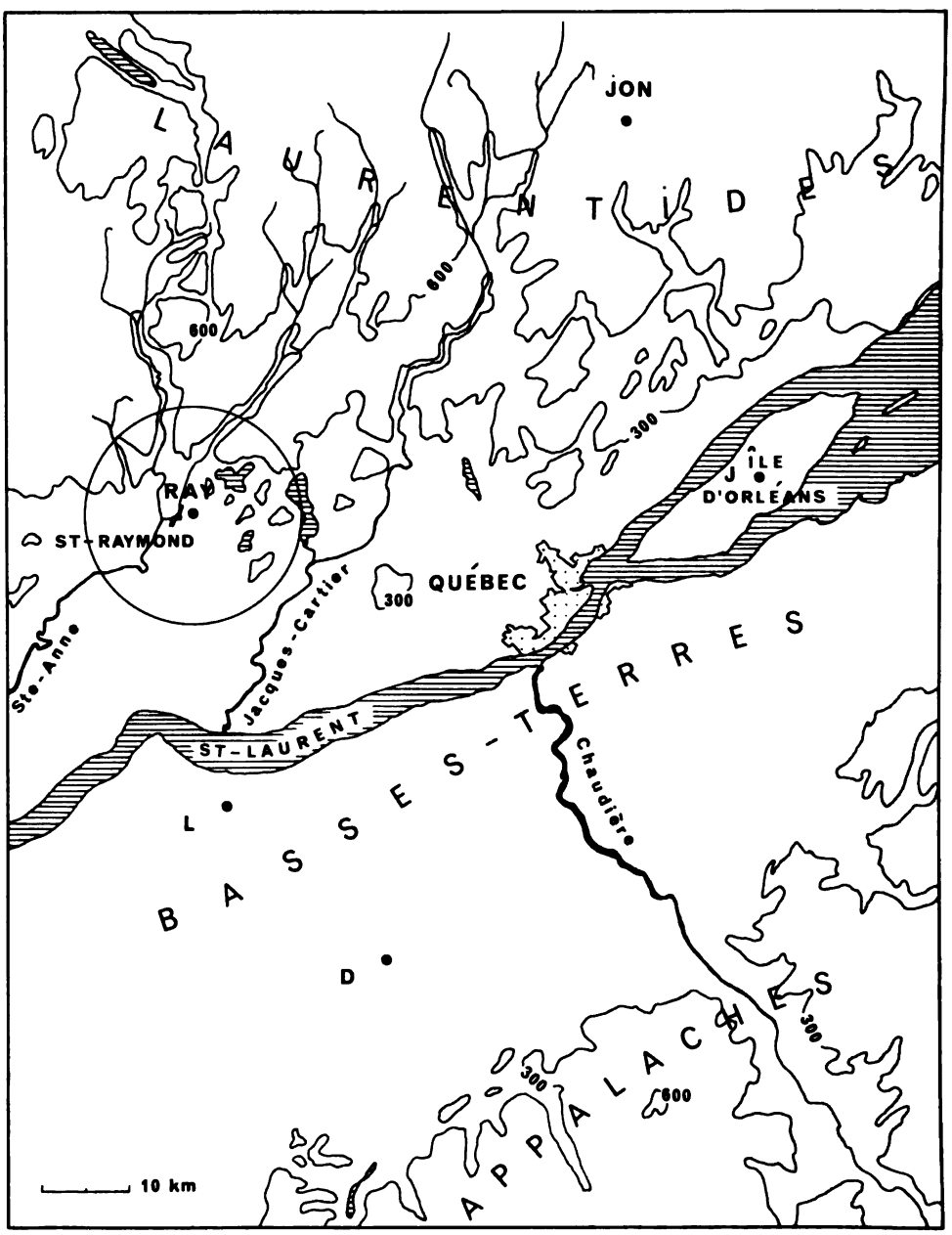


Figure 1. Région à l'étude et situation du site de Saint-Raymond. Le cercle délimite la régio *produisant la plus* grande partie du pollen enregistré dans le diagramme. L'altitude est exprimée e *mètres.*

La tourbière est située à environ 2 kilomètres à l'est du village de Saint-Raymond, dans le comté de Portneuf. Les coordonnées du lieu sont les suivantes: 46°53'30" de latitude nord et 71°48'30" de longitude ouest. L'altitude est d'environ 160 mètres.

La position du profil échantillonné est marquée d'une croix sur la figure 2. A cet endroit, la tourbière est relativement déboisée et la profondeur de la tourbe atteint un maximum.

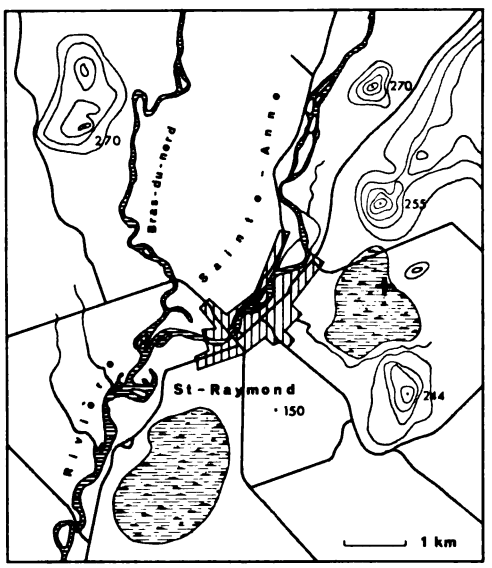


Figure 2. Localisation du profil pollinique (croix). Tourbières au sud et à l'est de la municipalité de Saint-Raymond. Réseau routier; cours d'eau; collines (altitude en mètres).

Description sommaire du contexte écologique actuel

PHYSIOGRAPHIE

Saint-Raymond de Portneuf est situé à la charnière de deux grandes unités physiographiques du Québec. Au nord, il s'agit du massif montagneux des Laurentides québécoises, qui culmine à quelque 100 kilomètres au nord-est. Au sud, ce sont les Basses-Terres du Saint-Laurent, qui s'élargissent de plus en plus vers le sud-ouest jusqu'aux environs de Montréal (fig. 1).

La région aux environs du site étudié possède un caractère nettement piedmontais, avec de petites montagnes arrondies séparées par de larges vallées à relief ondulé (fig. 2). La tourbière même repose dans la vallée de la rivière Sainte-Anne-de-la-Pérade (Sainte-Anne), à environ 1.5 kilomètre au sud-est du cours d'eau.

GÉOLOGIE

La région de Saint-Raymond se situe sur des roches précambriennes (Grenville). Au niveau du village, les gneiss dominent et font place aux granites vers le nord. Ces roches acides appartiennent au Bouclier canadien et supportent principalement des podzols.

Au sud de la région, le complexe de failles de Logan encadre, de part et d'autre du Saint-Laurent, des roches basiques ordoviciennes (calcaires, schistes argileux) susceptibles de supporter des sols très riches. Plus au sud encore, au pied des Appalaches, s'étend une vaste zone de roches cambro-ordoviciennes variées (schistes ardoisiers, conglomérats, calcaires, etc...).

La distribution spatiale de ces roches exerce une nette influence sur les sols et le type de végétation que ces derniers supportent. Toutefois, la géologie glaciaire a été déterminante en ce qui concerne le modelé du relief et la nature des dépôts de surface.

Les Laurentides sont caractérisées par des dépôts morainiques divers (moraines de fond, moraines frontales, moraines latérales) dérivés des roches acides sous-jacentes ou situées immédiatement au nord.

Les Basses-Terres du Saint-Laurent ont été recouvertes des sédiments de la

mer de Champlain. Sédiments argileux d'abord, surtout au centre du bassin, sédiments sableux ensuite, à la périphérie et sur l'argile, à mesure que le niveau de la mer s'abaissait. Ces sédiments ont été remaniés par les vagues et des dépôts de plage se sont formés à des niveaux successifs à mesure que la mer se retirait. A ces sédiments se sont ajoutés (superposés) au niveau de Saint-Raymond, des sables et graviers deltaïques formés par la conjonction du réseau hydrographique périglaciaire des rivières Sainte-Anne-de-la-Pocatière et du Bras-du-Nord, et de la mer de Champlain. Cette dernière a atteint son niveau maximum justement aux environs de Saint-Raymond (altitude: cote de 200 m environ). Lorsque la mer s'est retirée, la rivière Sainte-Anne a pu faire son lit dans ces dépôts meubles et ramener graduellement son profil en concordance avec le Saint-Laurent, provoquant ainsi la mise en place du réseau hydrographique. On trouvera, dans Dufour (1969), une étude géomorphologique détaillée de cette région.

Les données géologiques les plus récentes (Gadd *et al.*, 1972) permettent d'établir la succession chronologique suivante en ce qui concerne la géologie glaciaire de la région. Vers 12,500 ans avant aujourd'hui, la mer de Champlain envahissait les Basses-Terres. Elle devait être en contact avec le glacier continental à Saint-Raymond de Portneuf, et atteindre son niveau maximum dans les environs. Vers 11,600, le glacier a pu édifier une moraine frontale orientée au nord-nord-est à environ 6 km à l'est de Saint-Raymond. Cette moraine serait le prolongement de la moraine de Saint-Narcisse, et contemporaine d'un arrêt notable dans le retrait de l'inlandsis vers le nord.

Etant donné l'altitude élevée du lieu, la *mer* de Champlain, dont la durée s'étend *de 12,500 à 9,500* avant aujourd'hui, a dû se retirer assez tôt dans la région. Elle libérait ainsi une aire de taille croissante, coincée entre le glacier et la mer en retraite. Des variations du niveau marin ont pu se produire à cette époque, mais l'état actuel des recherches géomorphologiques ne permet pas d'appuyer cette hypothèse. Lorsque la charge du glacier ne permit plus d'alimenter un drainage pro-glaciaire abondant dans la région de Saint-Raymond, le réseau hydrographique de la rivière Sainte-Anne a pu commencer à se mettre en place. C'est à cette époque vraisemblablement, ou un peu plus tard, qu'ont pu se développer les vastes tourbières soligènes qui flanquent Saint-Raymond au sud-ouest et à l'est.

CLIMAT

Le climat de la région de Saint-Raymond de Portneuf n'offre pas de traits caractéristiques marqués. La température moyenne annuelle est d'environ 3° C. Les températures moyennes de janvier et de juillet sont respectivement de — 13 et 19° C. La longueur de la période sans gel atteint 120 jours. La précipitation totale annuelle est de 120 cm; la chute de neige annuelle, est de 330 cm.

L'influence du Saint-Laurent se fait sentir en réduisant l'écart des extrêmes de température comparativement à la région située immédiatement au nord. Le caractère piedmontais de la région favorise d'autre part des précipitations abondantes, qui alimentent sans peine les tourbières.

VÉGÉTATION

Selon Grandtner (1966, carte p. 103), cette région se situe dans le domaine climacique de l'Erablière à bouleau jaune. L'association climacique colonise les stations bien drainées, sur les pentes moyennes des affleurements granitiques

de la plaine ou sur les pentes d'adrets des contreforts laurentiens. Toutefois, son extension demeure faible à cause de la position physiographiquement frontalière de la région et de la rareté des stations mésiques.

Immédiatement au nord, le domaine de la Sapinière à bouleau jaune prend la relève pour faire bientôt place au domaine de la Sapinière à bouleau blanc. Ces deux domaines couvrent une énorme superficie et les deux genres principaux, le sapin et le bouleau, sont susceptibles d'influencer notablement la pluie sporopollinique de la région de Saint-Raymond par l'énorme quantité de pollen qu'ils peuvent produire.

Au sud, le domaine de l'Erablière laurentienne s'étend sur les sols riches en position mésique (partie moyenne de la sère physiographique). Toutefois, comme pour le domaine de l'érablière à bouleau jaune, son extension est réduite par la grande abondance des stations intrazonales (à sols sableux ou argileux) qui favorisent des associations végétales spéciales.

En résumé, à la hauteur de Saint-Raymond de Portneuf, le domaine de l'Erablière à bouleau jaune est étroit et fortement morcelé par les associations végétales colonisant des sols intrazonaux. Ces derniers se sont formés principalement sur les vastes plaines d'épandages pro-glaciaires, sur les deltas, et sur les terrasses de l'époque tardi-champlainienne, qui se sont combinés aux sédiments argileux puis sableux de la mer. La proportion du territoire susceptible de supporter le climax devient ainsi très réduite.

Ce trait apparaît clairement dans l'étude de Lafond *et al.* (1964), portant sur la partie sud du territoire de la municipalité de Saint-Raymond. Dans la liste d'associations végétales présentée, l'Erablière à *érable à sucre et bouleau* jaune ne couvre que 13% du territoire, malgré qu'elle soit considérée comme l'association climax (tableau 1).

TABLEAU I

Distribution de la superficie productive par type forestier

Types forestiers	*Pourcentages*
Erable à sucre à Bouleau jaune	13
Erable rouge à Erable à sucre	4
Erable rouge à Bouleau jaune	6
Erable rouge à Pruche	5
Erable rouge à Bouleau gris	4
Bouleau gris à Polytric	39
Bouleau gris à résineux	6
Bouleau gris à Sapin	1
Sapinière à Dicranum	1
Pessière à Némopanthe	7
Tourbière à Bouleau gris	3
Cédrière à Thuya	11

(modifié d'après Lafond *et al.*, 1964, p. 29)

La végétation locale possède, à une autre échelle, les mêmes caractères de mosaïcité que ceux mis en évidence pour la végétation régionale. La tourbière qui fait l'objet de la présente étude supporte la série des associations végétales s'échelonnant entre la mare à *Nuphar variegatum* et la Pessière à *Picea mariana* sur sphaignes (Pessière à Némopanthe). Le tapis herbacé et arbustif occupe dans l'ensemble moins de 50% de la superficie de la tourbière, ce qui démontre un stade d'évolution proche de la maturité.

Les forêts de la région de Saint-Raymond occupent environ 75% du territoire, les 25% résiduels incluant cultures et pâturages. L'exploitation forestière a été intense, touchant principalement le pin blanc (Lafond, *et al.*, 1964). Les essences les plus répandues appartiennent à des peuplements pionniers ou de transition (bouleau gris, érable rouge, tremble).

Méthodes

La tourbière a été échantillonnée par carottage à partir de la surface, à l'aide d'une sonde de type Hiller. Les échantillons ont été prélevés sur le terrain tous les cinq centimètres, puis placés dans des bouteilles étiquettées et scellées.

Au laboratoire, tous les échantillons retenus pour l'analyse ont subi le traitement qui suit: 10 minutes d'ébullition dans KOH, décantation des grosses particules minérales et tamisage, FH à froid durant une nuit, 5 minutes dans HCl à chaud, acétolyse (1 minute à 100°C), coloration au rouge neutre, montage dans la glycérine et lutage.

Les comptages ont été effectués à l'aide du photomicroscope II de Zeiss, à un grossissement de 400 fois. L'objectif 100 à immersion, doté d'un diaphragme-iris (N.A.: 1.25) fut utilisé pour régler les problèmes d'identification.

Les montages ont été effectués de manière à pouvoir calculer la fréquence pollinique absolue de chaque niveau choisi (méthode de Jorgensen, 1967). Des renseignements plus complets concernant les méthodes utilisées ont été publiés antérieurement (Richard, 1971).

Résultats

STRATIGRAPHIE

La presque totalité de la colonne stratigraphique, longue de 5.70 mètres, se compose de sédiments tourbeux. Les diverses couches rencontrées sont les suivantes, de la surface en profondeur:

000 - 200 cm tourbe de sphaigne fraîche en surface, et de plus en plus décomposée en profondeur

200 - 375 cm tourbe de sphaigne et tourbe de bois (en mélange)

375 - 545 cm tourbe d'herbacées

545 - 560 cm tourbe d'herbacées et tourbe de bois (en mélange)

560 - 570 cm sable très grossier et limon

Il est permis de croire que la matière minérale fine de la couche basale provient, par érosion de surface, du bassin versant. Elle a sans doute contribué à la paludification du site en colmatant les sables, créant ainsi une couche quasi imperméable. Ce seul phénomène de colmatage n'explique peut-être pas l'origine de la tourbière, car il est probable que des couches d'argiles champlainiennes reposent sous les sables (Dufour, 1969), assurant ainsi l'imperméabilité en profondeur.

La présence de bois dans les sédiments déposés immédiatement au-dessus de la couche minérale de la base peut indiquer une phase initiale plutôt mésique, permettant la croissance d'arbustes (à tout le moins). Cette phase a de toutes façons été de courte durée et une paludification très nette s'ensuivit.

CHRONOLOGIE

Deux datations au radiocarbone ont été effectuées à partir des sédiments échantillonnés à la tourbière de Saint-Raymond de Portneuf.

Une première date, de 3,550±120 ans avant aujourd'hui (1950) (Gif - 1759) s'applique aux sédiments de profondeur 270 à 285 cm. Une deuxième, de 7,970±140 ans (GSC - 1400), touche ceux de profondeur 550 à 560 cm, juste au-dessus de la couche minérale de la base. Ces données ont permis d'établir une courbe des âges, en fonction de la profondeur (fig. 3). L'âge maximum de cette tourbière semble ne pouvoir excéder 8,000 ans.

Si on rapproche cette date de la date probable pour la libération du sol, soit de la glace, soit de l'eau, date estimée à 11,600 ans environ avant aujourd'hui

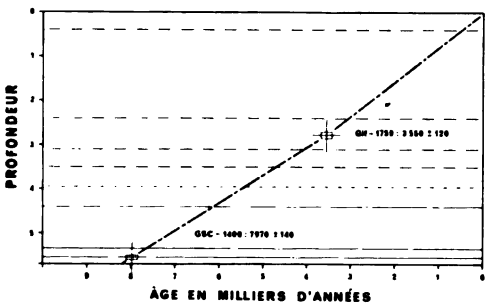


Figure 3. Courbe des âges en fonction de la profondeur, d'après deux datations au radiocarbone. Les zones du diagramme sont reportées sur le graphique.

(voir le chapitre sur la géologie), on constate que la tourbière s'est formée environ 3,600 ans plus tard.

DIAGRAMME POLLINIQUE

Les résultats de l'analyse pollinique apparaissent en totalité sur le diagramme pollinique en annexe. De plus, on y trouvera, à l'extrême gauche, la colonne stratigraphique et, à droite, les résultats des comptages polliniques absolus ainsi qu'une courbe de pourcentage des sables.

Les courbes polliniques génériques de l'épinette, du pin et du bouleau, ainsi que les courbes cumulatives des arbustes, des herbacées et des indéterminables (ou inconnus) apparaissent dans le rectangle de gauche. Le trait épais délimite le rapport des grains de pollen arboréens au total des grains (% AP/T) des plantes vasculaires terrestres.

Certains taxa ont été exclus du diagramme afin de l'alléger et d'en faciliter ainsi la lecture. Ce sont, par ordre alphabétique:

Acer pensylvanicum: 0.3% à 050 cm
Dennstaedtia: 0.2% à 475 cm
Drosera: 0.2% à 520 cm
Equisetum: 2.4% à 565 cm
Isoëtes: 0.9% à 320 cm, 0.2% à 540 cm, 0.6% à 545 cm
Liliaceae: 0.3% à 520 cm
Lycopodium type *alpinum*: 0.2% à 200 cm
Lycopodium inundatum: 0.2% à 100 cm
Menyanthes: 0.2% à 140 cm
Nemopanthus mucronatus: 0.2% à 400 cm
Nuphar: 0.1% à 075 cm, 0.1% à 160 cm, 0.2% à 275 cm
Populus balsamifera: 0.1% à 075 cm
Thalictrum: 0.2% à 320 cm, 0.2% à 555 cm
Typha: 0.2% à 320 cm, 0.2% à 550 cm, 0.2% à 555 cm
Viburnum cf. *alnifolium*: 0.1% à 550 cm
Viburnum cf. *cassinoïdes*: 0.4% à 030 cm
Viburnum cf. *edule*: 0.2% à 100 cm, 0.1% à 545 cm, 0.2% à 550 cm

Interprétation des résultats

L'interprétation doit tenir compte de l'ensemble des données: courbe pollinique de chaque taxon identifié, courbes de distribution du diamètre équatorial des grains de bouleau, colonne stratigraphique, pourcentage de la fraction minérale dans les sédiments et fréquences polliniques absolues. D'autre part, les résultats des recherches sur la représentation pollinique des unités de végétation actuelles (Richard, 1968 et d'autres données non publiées) fournissent de précieux outils à l'interprétation.

Dans ce chapitre, l'interprétation est livrée tel que, presque sans commentaires. Les points litigieux seront traités au chapitre de la discussion.

HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION LOCALE

La végétation de la tourbière et de son pourtour semble s'être développée en quatre grandes étapes.

1) Du niveau 570 à 553 cm, une prairie humide, mésotrophe, dominée par les Cypéracées, les Graminées et *Potentilla palustris* dans les mares a dû caractériser la végétation locale. *Myrica gale* et des saules devaient être assez abondants, principalement en bordure de la dépression.

2) Du niveau 553 à 525 cm, c'est la phase initiale de paludification. La sphaigne s'installe et, en l'absence de compétition sérieuse et sur un

substratum encore riche en éléments nutritifs, produit des spores abondamment. Son arrivée provoque l'acidification du milieu (voir courbe du pH), et l'entourbement s'ensuit.

3) Du niveau 525 à 375 cm, la tourbière à herbacées (Cypéracées) sur sphaignes domine.

4) Elle est remplacée normalement par la tourbière à Ericacées, du niveau 375 cm jusqu'à la surface. Cette dernière comportait toutefois vraisemblablement des mares à *Nuphar variegatum* et des plages herbeuses permettant la croissance de *Drosera rotundifolia*, de *Sarracenia purpurea*, de *Lycopodium* divers, etc.

On aura remarqué que l'évolution de la végétation locale est enregistrée le plus clairement par les courbes polliniques lorsque le rapport AP/T est faible, c'est-à-dire lorsque le paysage régional n'est pas encore boisé. Lorsqu'une forêt fermée apparaît, la production pollinique globale de cette dernière est telle que la végétation locale (*i.e.* de la tourbière et de son pourtour immédiat) apparaît fortement sous-représentée polliniquement. Ceci est un phénomène général. L'évolution de la tourbière s'inscrit alors dans le type de sédiment, plutôt que par le pollen lui-même.

Il est probable toutefois qu'une partie non-négligeable du pollen des Cypéracées et des Graminées appartienne à la végétation régionale, à la base du diagramme. Il en va de même pour certains genres arbustifs, tels les saules (*Salix*).

HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION RÉGIONALE

La végétation régionale de Saint-Raymond est passée par trois phases distinctes de développement: une phase ouverte, une phase d'afforestation et *enfin, une phase* forestière.

LA PHASE OUVERTE. En l'absence d'une flore pollinique arctique bien individualisée, il semble excessif de donner le nom de toundra à cette phase toutefois presque totalement dépourvue d'arbres. Elle couvre les niveaux 570 à 555 cm. La végétation de l'époque était dominée par les plantes herbacées et les arbustes. Les Graminées et Cypéracées devaient occuper une place de choix dans le couvert végétal, protégées par les saules *(Salix)* et le genévrier (*Juniperus communis*). Le maximum de *Corylus* à la base du diagramme doit être la conséquence d'apports polliniques de longue distance. Le faible rapport AP/T exclut la présence d'arbres dans la région, à cette époque. Toutefois, les valeurs de fréquence pollinique absolue à ces niveaux, pondérées par les pourcentages de la fraction minérale, trahissent la proximité de la forêt extra-régionale. Cette phase a été de courte durée, et les arbres ont vite conquis le paysage.

LA PHASE D'AFFORESTATION. Comme la précédente, cette phase fut aussi très courte. Elle s'étend des niveaux 555 à 535 cm. Une pessière ouverte, mixte, a rapidement occupé le paysage. Elle était dominée par *Picea glauca*, mais *Picea mariana* était aussi présent. Les bosquets d'épinettes étaient séparés par l'aulne vert (*Alnus crispa*), le myrique baumier (*Myrica gale*) et une quantité croissante de bouleau glanduleux (*B. glandulosa*). Le genévrier et *Shepherdia canadensis* devaient être abondants au début, mais ils ont été éliminés avec les autres arbustes lorsque le couvert forestier s'est fermé.

LA PHASE FORESTIÈRE. Il ne semble pas que l'épinette de la phase précédente ait constitué de peuplements fermés. Elle a dû migrer rapidement vers le nord et faire place ainsi au domaine climacique de la sapinière.

La Sapinière à bouleau blanc

Au niveau 535, on enregistre un accroissement brutal dans le pourcentage du pollen de sapin baumier, qui représente l'arrivée de cette espèce dans le paysage. La sapinière s'est épanouie entre les niveaux 535 et 440 cm.

L'arrivée du pin blanc et sa dominance (pollinique) au niveau 450 cm masque la courbe du sapin. Mais puisque ce dernier constitue la seule espèce à «potentiel climacique» représentée dans cet intervalle, il a dû caractériser le domaine climacique de l'époque.

L'accroissement brusque de la courbe du sapin est concommittante d'un accroissement analogue de la courbe du bouleau. Pendant toute la phase à sapin, le bouleau blanc semble dominer (grains de diamètre 30 μ environ). Ceci conduirait à identifier la végétation de l'époque comme faisant partie du domaine climacique de la Sapinière à bouleau blanc. Il n'est toutefois pas exclu qu'à la fin de cette période, le bouleau jaune ait pu remplacer le bouleau blanc, mais pour une courte durée seulement.

Lorsque le bouleau jaune apparaît clairement dans les courbes du diamètre des bouleaux (niveau 415 cm), la courbe pollinique d'*Acer saccharum* atteint déjà des valeurs qui obligent à conclure à la dominance de cette espèce sur les sites mésiques, et, donc, à la mise en place du domaine climacique de l'Erablière à bouleau jaune.

L'Erablière à bouleau jaune

Elle a dû dominer du niveau 440 cm à nos jours (niveau 000 cm). Sa composition floristique et/ou la nature des associations végétales qui composaient le domaine climacique ont subi toutefois de nombreuses variations.

1) Du niveau 440 au niveau 395 cm, la pruche devait occuper une place importante dans la végétation régionale, soit au sein même de l'érablière, mais plus probablement au sein de sapinières sur les sols plus humides, ou en peuplements purs.
2) Du niveau 395 au niveau 350 cm, l'érable à sucre semble régresser au profit de la pruche. Cette essence a même pu former des associations climaciques comparables à celles rencontrées en Nouvelle-Angleterre (Sylvics of the Forest Trees of the United States, 1965, p. 703). Malgré la faible représentation pollinique du sapin, il n'est pas exclu que des sapinières à bouleau jaune et pruche aient pu exister à cette époque.
3) Du niveau 350 au niveau 310, la pruche est à peu près disparue et la courbe pollinique de l'érable à sucre reste basse; celle du bouleau jaune atteint toutefois un maximum. Il est permis de croire qu'à cette époque, les sites mésiques étaient occupés par la bétulaie à bouleau jaune et la sapinière à bouleau jaune, et les grandes étendues sableuses dominées, comme précédemment d'ailleurs (depuis le niveau 535 cm), par le pin blanc (*Pinus strobus*).
4) Du niveau 310 à l'actuel, le domaine climacique de l'Erablière à bouleau jaune a dû dominer le paysage. La courbe pollinique d'*Acer saccharum* devient à peu près continue jusqu'à nos jours.
5) Toutefois, à partir du niveau 240 cm, les courbes de *Picea mariana*, d'*Abies balsamea* et de *Tsuga canadensis* prennent de l'importance jusqu'au niveau 040 cm, sans que pour autant régresse celle d'*Acer saccharum*.

En ce qui concerne l'épinette noire, il est possible que l'évolution de la tourbière boisée soit responsable de la quantité croissante de pollen enregistré.

Pour ce qui est de la pruche, il semble que celle-ci ait pris une part croissante à la composition floristique des associations intrazonales (humides) de la région. Par ailleurs, cette essence peut s'être développée dans les associations du domaine de la Sapinière à bouleau jaune occupant les Basses-Laurentides, au nord de la région.

Même s'il est possible que le sapin se soit réintroduit dans la région, il semble plus probable de penser que l'augmentation de sa représentation pollinique à Saint-Raymond soit le reflet de l'épanouissement des domaines de la Sapinière à bouleau jaune et de la Sapinière à bouleau blanc qui occupent une immense étendue au nord de la région.

6) Du niveau 040 à 000 cm, la plupart des courbes polliniques des espèces arboréennes décroissent au profit des espèces herbacées, principalement des Graminées, d'*Ambrosia* et des Composées en général, et de *Rumex*. C'est l'indice du déboisement concommittant de l'arrivée des premiers colons, suivi de la mise en culture de portions croissantes du territoire. Toutefois, la chûte du rapport AP/T, si elle est le reflet d'une réalité locale, est certainement accentuée par les apports polliniques de longue distance à partir des cultures extensives situées plus au sud.

Discussion

MOSAÏQUE DES UNITÉS DE VÉGÉTATION ET INTERPRETATION DU DIAGRAMME POLLINIQUE

L'hypothèse sous-jacente à l'*interprétation* du diagramme pollinique *de Saint-Raymond* de Portneuf s'était déjà imposée pour les profils de la tourbière du lac Joncas et de Saint-Jean, ile d'Orléans (Richard, 1971). J'avais alors postulé que la succession chronologique des associations végétales en un point donné se comparait favorablement à la zonation latitudinale de la végétation actuelle. L'unité de végétation utilisée pour rendre compte de cette correspondance était le domaine climacique (*sensu* Grandtner, 1966).

En effet, idéalement, à chacun des domaines climaciques actuels correspond un spectre pollinique défini (spectre pollinique type). La comparaison de ce spectre avec les spectres fossiles permet d'attribuer à ces derniers une végétation comparable à celle qui a produit le spectre-type en question.

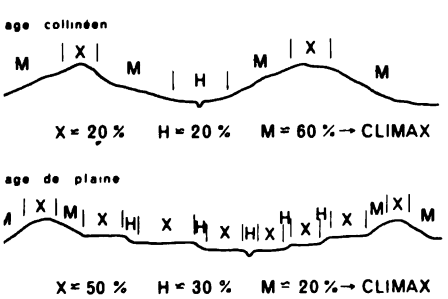
Cette manière de faire, alliée à certaines considérations sur l'effet des courbes polliniques de genres surreprésentés tels le pin ou le bouleau, s'est avérée adéquate et fructueuse pour l'interprétation des diagrammes du parc des Laurentides et de l'ile d'Orléans (Richard, *op. cit.*). A Saint-Raymond de Portneuf, pourtant, il a été impossible de retrouver une concordance satisfaisante entre les spectres fossiles et les spectres récents. Aussi a-t-il fallu remettre en question l'hypothèse de travail et analyser plus en profondeur les spectres-types et leur aptitude à révéler la composition de la végétation du passé au niveau du domaine climacique.

Cette unité, définie écologiquement et floristiquement, s'est avérée toutefois assez souple pour pouvoir être conservée, même lorsque son expression pollinique typique ne peut être retrouvée dans les diagrammes, comme c'est le cas ici. C'est ce que je vais tenter de démontrer par

:onsidérations théoriques qui sui-

ırsque les spectres polliniques ty-
sont établis, les échantillons sont
ıvés au centre de l'unité de vé-
tion (domaine) de manière à
efléter l'expression pollinique op-
le. C'est, tout naturellement, à
roit où l'association climacique,
ctérisant le domaine, est la plus
ıdante, la mieux exprimée. Or, ce-
orrespond à un type de paysage
défini, où la proportion des sta-
; mésiques domine celle des sta-
; xériques et hydriques réunies.
ailleurs, ce sont les stations mé-
es qui, par définition, supportent
ociation climacique. Il s'ensuit
: que, pour un paysage donné, la
ıortion des conditions mésiques
rmine le degré d'identification
:e paysage au climax auquel il ap-
ent.

ı figure 4 schématise ce phé-
ène et montre comment un type
paysage différent, quoique subis-
le même climat et supportant
ıême sol zonal, peut montrer une
ıortion des stations mésiques
ıcoup plus faible que celle des sta-
; xériques et hydriques combi-
:. Il est alors évident que l'ex-
sion pollinique du domaine clima-
e sera masquée par les associa-
; végétales spéciales croissant



gure 4. Sères physiographiques théoriques
:rant la distribution des stations xériques (X),
ques (H) et mésiques (M) et leur proportion
ve selon le type de paysage (voir texte).

sur les stations trop sèches ou trop humides pour supporter le climax climatique.

C'est cette dernière situation qui prévaut à Saint-Raymond, comme le démontre l'introduction de cet article. Il est certain que, dans de telles conditions, l'interprétation du diagramme en termes de végétation n'est pas aisée et que l'expression pollinique de toutes les associations climaciques qui se sont succédées sur ce territoire a constamment été masquée, quoiqu'à des degrés divers, par le jeu des phénomènes qui viennent d'être décrits.

La plupart des diagrammes polliniques publiés pour le sud du Québec étant dans une situation analogue, il devient clair que leur interprétation en termes de végétation a toujours posé un problème aigü, et les auteurs ont dû en rester à des considérations vagues basées uniquement sur les dominances polliniques, ce qui traduit mal la composition floristique.

Par ailleurs, les conditions physiographiques de la région de Saint-Raymond sont telles que quel que soit le type de végétation qui y ait dominé, les régions situées immédiatement au nord et au sud ont toujours dû produire une pluie pollinique influençant le spectre régional.

L'histoire de la végétation que je propose pour la région de Saint-Raymond découle de l'interprétation des données du diagramme, éclairée des considérations qui précèdent. Ainsi, l'histoire de la végétation régionale a été décrite par la succession chronologique des associations climaciques, c'est-à-dire, occupant la partie mésique de la sère physiographique. Il faut toutefois souligner que l'attribution d'un nom de domaine climacique (actuel) à une portion de diagramme

représentant une végétation fossile ne peut constituer qu'une approximation. Cette dernière constitue tout de même un progrès car elle va dans le sens d'une meilleure connaissance de la végétation du passé. Il est clair que les résultats des recherches sur la représentation pollinique des unités de végétation y jouent un rôle majeur, et qu'elles devront être poursuivies dans l'avenir.

LE TARDIGLACIAIRE À SAINT-RAYMOND DE PORTNEUF

Le diagramme pollinique présenté ici ne touche que les derniers huit mille ans. Or, on se souviendra que la date probable de l'émergence de la région étudiée, soit des glaces, soit de la mer devrait se situer vers 11,600 ans avant aujourd'hui (voir introduction, géologie). Une période de plus de trois mille ans a donc pu s'écouler avant que la tourbière analysée n'enregistre les premiers sédiments. La situation de la tourbière sur un ancien delta de la Sainte-Anne explique ce phénomène. L'étude des sédiments d'un lac situé au-dessus du niveau maximum de la mer de Champlain et hors de tout chenal d'écoulement des eaux proglaciaires permettrait probablement de combler cette lacune.

La valeur très basse du rapport AP/T à la base du diagramme RAY permet de supposer que c'est un paysage de toundra qui a dû dominer à Saint-Raymond pendant ces quelques trois mille ans.

Ce qui précède montre l'importance de choisir judicieusement le lieu d'échantillonnage en fonction des caractéristiques géomorphologiques locales. Le palynologue a donc tout intérêt à s'adjoindre un géomorpholo*gue rompu au* terrain, surtout lorsqu'il s'agit de régions mal décrites à ce point de vue.

CORRÉLATIONS

J'ai exprimé ailleurs quelques opinions sur la nature et le caractère des corrélations possibles en analyse pollinique (Richard, 1971). Elles sont de deux sortes: les corrélations synchrones, et les corrélations métachrones. Dans les deux cas, il est possible de reconnaître dans les diagrammes à comparer, des courbes polliniques possédant des traits semblables (maxima, minima, pentes), mais ce n'est que sous certaines conditions qu'une corrélation synchrone peut être établie.

Par exemple, en comparant les diagrammes JON et J (Richard, 1971), il est apparu qu'en JON (parc des Laurentides), la courbe pollinique de *Tsuga canadensis* (pruche) montrait un maximum vers 5,250 B. P.*, maximum qui n'apparaissait pas sur le diagramme de l'île d'Orléans (J). Or, l'interprétation que j'avais faite du diagramme JON, excluait la pruche de la végétation régionale et je proposais alors que ce maximum devait provenir d'une source pollinique extrarégionale différente de celle de l'île d'Orléans. L'analyse de la tourbière de Saint-Raymond permet de situer cette source dans le piedmont des Laurentides québécoises puisque la courbe de *Tsuga* en RAY est synchrone avec celle de la même espèce en JON (voir fig. 5), et que l'interprétation du diagramme admet la pruche dans la reconstitution de la végétation régionale à Saint-Raymond.

Par ailleurs, la comparaison des courbes polliniques du pin blanc (*Pinus strobus*) appartenant à ces mêmes dia-

* B. P.: before present, expression consacrée.

grammes J et JON montrait un métachronisme de près de 1,500 ans. J'avais alors postulé que le pin blanc avait pu migrer du sud vers les Laurentides et que c'était ce mouvement de migration qui était cause du métachronisme. Le diagramme de Saint-Raymond étant situé dans une position géographique intermédiaire entre J et JON, j'avais alors émis l'hypothèse que le maximum du pin en RAY pourrait être d'un âge intermédiaire à ceux enregistrés en J et JON. Toutefois, il semble bien que les maxima du pin blanc à Saint-Raymond et à l'Ile d'Orléans soient du même âge, et qu'on doive chercher une autre solution au métachronisme introduit par le diagramme du Parc des Laurentides.

Sur la figure 5, on trouvera un résumé de l'histoire de la végétation des trois stations concernées, comparées chronologiquement, avec en plus quelques caractères des courbes polliniques de certains taxa tels *Picea, Fagus, Acer saccharum,* et évidemment, *Tsuga* et *Pinus strobus.*

LE PROBLÈME DU BOULEAU GRIS

Cette espèce (*Betula populifolia*) occupe une superficie assez importante dans la région de Saint-Raymond de Portneuf, comme le démontre le chapitre introductif sur la végétation. Lafond *et al.* (1964) croient que son abondance sur les sites sableux et secs résulte du degré poussé de dégradation qu'ont subi les forêts naturelles d'avant la colonisation. Le bouleau gris aurait notamment remplacé le pin blanc qui constituait vraisemblablement le paraclimax de ces sites (voir Manil, 1959). Par ailleurs, le bouleau gris atteint sa limite septentrionale aux environs de Saint-Raymond. Il serait donc intéressant que l'analyse pollinique puisse permettre de connaître l'époque de son introduction et par après, les fluctuations de son abondance.

Malheureusement, il apparaît presque impossible d'attribuer un nom d'espèce aux grains de pollen de bouleau. L'étude des courbes de distribution du diamètre équatorial permet de proposer des identifications réunies

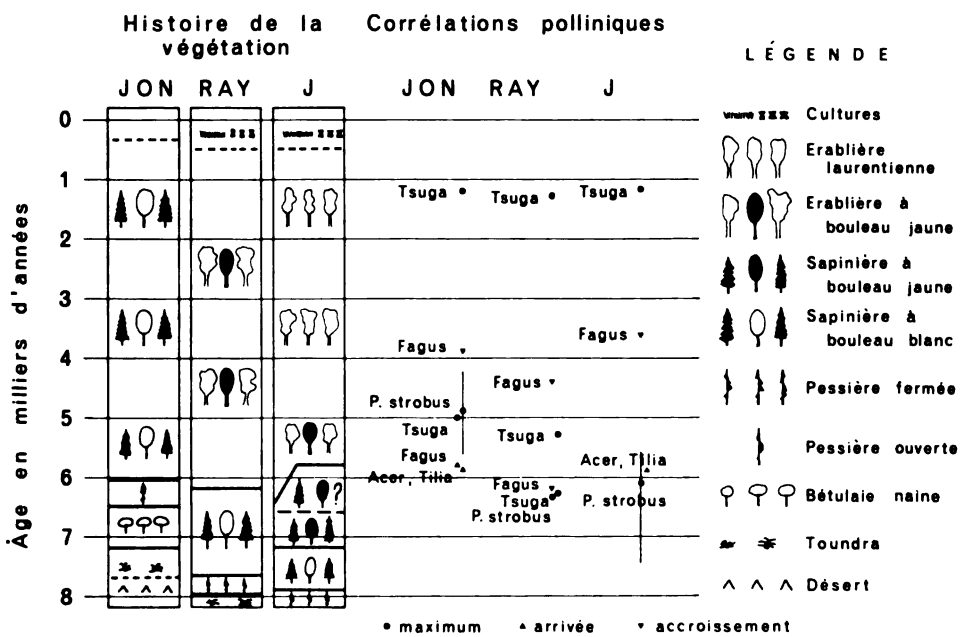


Figure 5. Comparaison chronologique de l'histoire de la végétation régionale à Saint-Raymond (RAY), dans le Parc des Laurentides (JON) et à l'Ile d'Orléans (J).

en trois groupes: les deux premiers sont monospécifiques et ne posent pas de problèmes. Ils touchent *Betula alleghaniensis* (ou *B. lutea)* et *B. papyrifera.* Le troisième réunit les espèces à petit diamètre tels *B. glandulosa, B. pumila* et *B. populifolia.*

Quelques caractères morphologiques très fins permettent, dans les meilleures conditions, de proposer une identification spécifique, mais leur valeur est douteuse car l'amplitude de leur variation n'est pas connue. Toutefois, l'utilisation du microscope électronique à balayage devrait permettre d'améliorer le niveau des identifications. Il semble que les caractères sculpturaux de la surface des grains de bouleau soient distincts et spécifiques (observation personnelle sur les photos de la planche 13, page 36, de la publication d'Adams et Morton, 1972). La méthode est sûrement laborieuse, mais pourrait permettre de raffiner considérablement l'interprétation de la courbe du bouleau qui constitue présentement un fourre-tout regrettable.

Conclusion

L'analyse pollinique ne donne qu'une vision partielle de l'histoire de la végétation car une très faible proportion de la flore se voit concernée directement. Le diagramme livre des résultats bruts, incontestables si ce n'est au niveau de l'identification des taxa. L'interprétation, elle, peut être mise en doute, au moins en partie. Toutefois, lorsque les données de représentation pollinique de la végétation sont mises à contribution et que l'interprétation tient compte de l'ensemble des facteurs en cause (relief, milieu de dépôt, etc...), la part d'hypothèse se réduit considérablement. Le diagramme de Saint-Raymond démontre la complexité de l'interprétation mais permet malgré tout de lever un coin du voile masquant notre connaissance de l'histoire de la végétation holocène pour cette région du Québec.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à M. Grandtner qui m'a orienté vers les études polliniques et qui a obtenu des fonds du Service de la recherche du Ministère des terres et forêts du Québec pour défrayer les expéditions sur le terrain. Les dates au radiocarbone ont été obtenues grâce à la générosité de Mme Delibrias, du Centre des faibles radioactivités, CNRS, Gif-sur-Yvette, France, et de M. W. Blake, de la Commission géologique du Canada, Ottawa. Ce travail a pu être réalisé grâce aux locaux mis à ma disposition par les autorités de l'Université du Québec à Chicoutimi. Mon épouse a été une collaboratrice précieuse en dessinant le diagramme pollinique et en me donnant son appui quotidien.

Références

ANONYME, 1969. Carte géologique du Québec. Service de la cartographie, Min. Richesses Nat., Québec. Echelle: 16 milles au pouce.

ADAMS, R. J. and J. K. MORTON, 1972. An atlas of pollen of the trees and shrubs of eastern Canada and adjacent United States. Part I. Gymnospermae to Fagaceae. Dept. of Biology, University of Waterloo, Ontario. 52 p., 16 plates.

DAVIS, M. B., 1965. Phytogeography and palynology of Northeastern United States, p. 377-401 *In:* WRIGHT, H. E. and D. G. FREY (eds.), The Quaternary of the United States. Princeton Univ. Press., 922 p.

DUFOUR, J., 1969. Géomorphologie du bassin de Saint-Raymond. Thèse M. A. (géographie), Univ. Laval, Québec, 211 p.

DUFOUR, J., 1970. Les terrasses du bassin de Saint-Raymond. *Cah. Géogr. Qué.*, 13 (28): 113-120.

GADD, N. R., P. LASALLE, J.-C. DIONNE, W. W. SHILTS and B. C. McDONALD, 1972. Quaternary geology and geomorphology, southern Quebec. Field excursions A44-C44, XXIVth Int. Geol. Congress, Montreal. D. J. Glass (éd.), Can. Export Gas & Oil, Ltd, Calgary, 70 p.

GRANDTNER, M. M., 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Presses Univ. Laval, Québec, 216 p.

JORGENSEN, S., 1967. A method of absolute pollen counting. *New Phytol.*, 66: 489-493.

LAFOND, A., J. PAQUET et M. LORTIE, 1964. Aménagement des forêts de Saint-Raymond. Bull. Fonds de Rech. for. Univ. Laval, Québec, no. 6, 68 p.

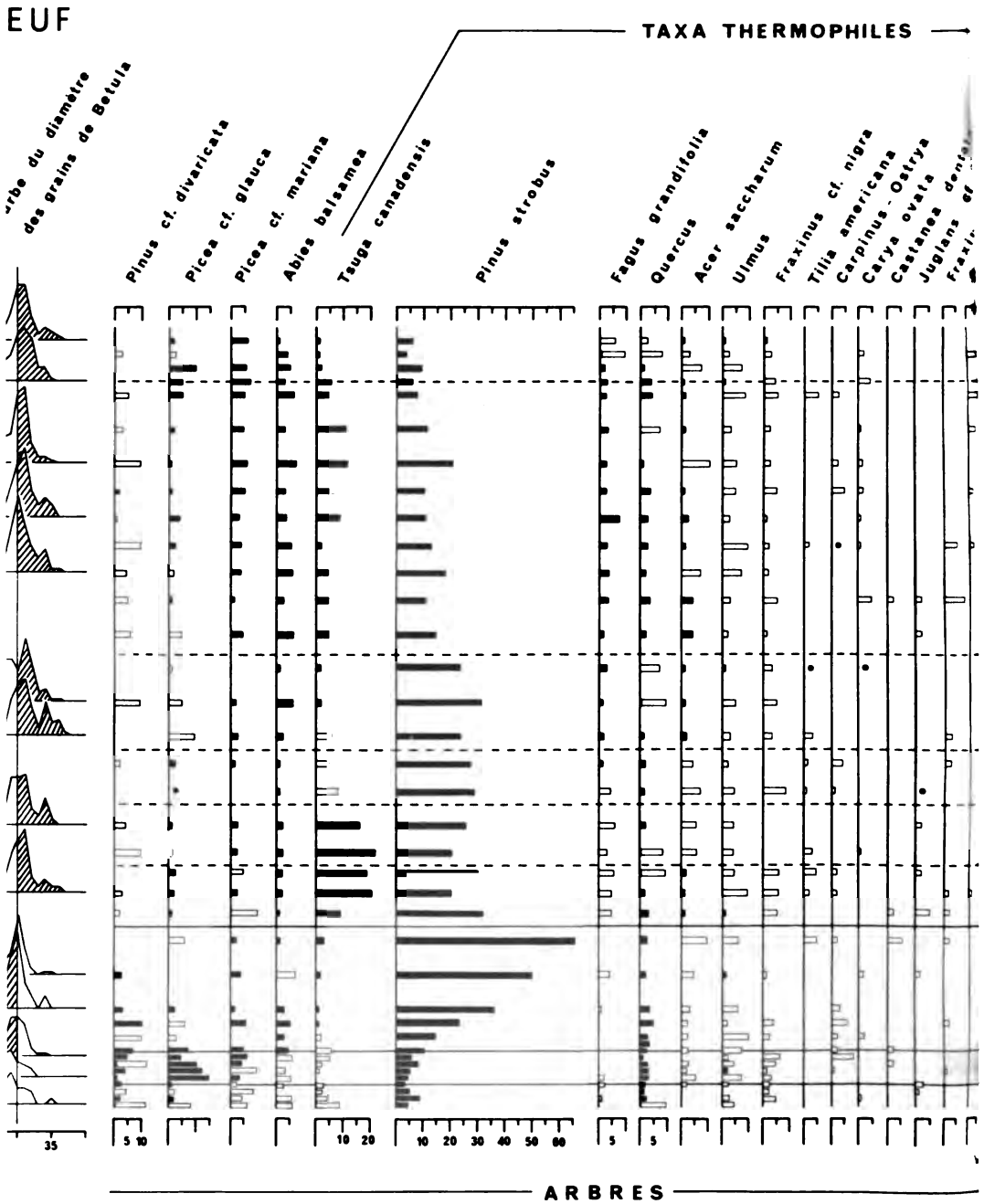
LASALLE, P., 1970. Notes on the St-Narcisse morainic system north of Quebec city. *Can. J. Earth Sci.*, 7: 516-521.

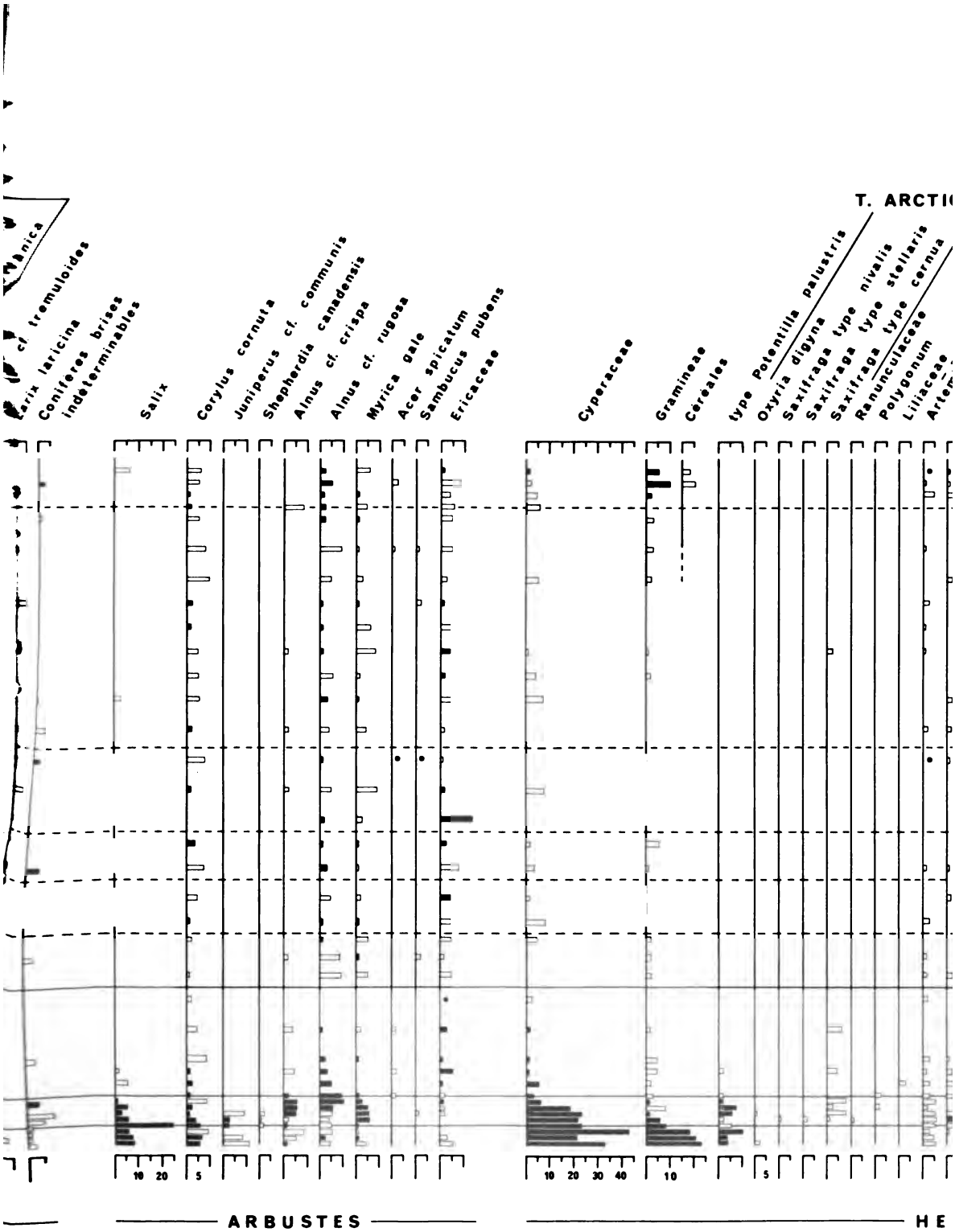
LASALLE, P., L. HARDY et P. POULIN, 1972. Une portion du front glaciaire au nord et au nord-est de la ville de Québec. Publ. Min. Rich. Nat. Québec, no 5-135, 8 p.

MANIL, G., 1959. Climax et pédoclimax. *Bull. Soc. r. Bot. Belg.*, 91 (2): 217-237.

RICHARD, P., 1968. Un spectre pollinique de la sapinière à bouleau blanc pour la forêt de Montmorency. *Naturaliste can.*, 95: 565-576.

RICHARD, P., 1971. Two pollen diagrams from the Quebec city area, Canada. *Pollen Spores*, 13 (4): 523-559.


EUF
TAXA THERMOPHILES
rbe du diamètre
des grains de Betula
Pinus cf. divaricata
Picea cf. glauca
Picea cf. mariana
Abies balsamea
Tsuga canadensis
Pinus strobus
Fagus grandifolia
Quercus
Acer saccharum
Ulmus
Fraxinus cf. nigra
Tilia americana
Carpinus - Ostrya
Carya ovata
Castanea
Juglans
35
5 10
10 20
10 20 30 40 50 60
5
5
ARBRES


T. ARCTI
cf tremuloides
Larix laricina
Conifères brises
Indéterminables
Salix
Corylus cornuta
Juniperus cf. communis
Shepherdia canadensis
Alnus cf. crispa
Alnus cf. rugosa
Myrica gale
Acer spicatum
Sambucus pubens
Ericaceae
Cyperaceae
Graminées
Céréales
type Potentilla palustris
Oxyria digyna
Saxifraga type nivalis
Saxifraga type stellaris
Saxifraga type cernua
Ranunculaceae
Polygonum
Liliaceae
10 20
5
10 20 30 40
10
5
ARBUSTES
HE

Naturaliste can., 100: 577-590 (1973).

HISTOIRE POSTGLACIAIRE COMPARÉE DE LA VÉGÉTATION DANS DEUX LOCALITÉS AU NORD DU PARC DES LAURENTIDES, QUÉBEC

Pierre RICHARD

Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec

Résumé

L'analyse pollinique a révélé que l'histoire postglaciaire de la végétation régionale au site Montagnais a été assez monotone, les associations végétales s'étant succédées ayant toujours eu un caractère très boréal. Après une phase de toundra, la végétation forestière s'est progressivement installée mais seules les pessières et sapinières (à bouleau blanc) ont pu se former. Par contre, au site Kénogami, malgré l'absence de toundra initiale, l'histoire de la végétation est beaucoup plus diversifiée, par suite de l'intervention de plusieurs espèces thermophiles. Sur les stations mésiques, la sapinière à bouleau blanc a succédé à la pessière initiale. Après un retour à la pessière, la sapinière à bouleau jaune s'est installée pour constituer le climax climatique jusqu'à nos jours. Toutefois au sein même de cette dernière période, l'évolution de la végétation sur stations hydriques montre de remarquables variations où l'orme d'Amérique et le frêne noir semblent avoir joué un rôle dominant. La découverte d'un nouvel assemblage pollinique représentant la toundra contribue à la connaissance de cette végétation tardiglaciaire pour laquelle trop peu de données ont été recueillies à date.

Abstract

The regional vegetation history of the Montagnais site began with a tundra and was followed by a forest made up of exclusively boreal communities. A succession of spruce fir, and fir — white birch communities led to a rather uniform postglacial history of vegetation. The situation for the Kenogami site has been very different, since a number of thermophilous species played a role in the composition of past communities. Even if the initial tundra is lacking, the vegetational history shows much more variety. On the mesic sites, a fir — white birch community followed the initial spruce vegetation. After a return of spruce, a fir — yellow birch community was established and constituted the climax vegetation up to now. However, during this period, changes occured on hydric sites in which american elm and black ash seem to have had the main role. The discovery of another pollen assemblage representing tundra brings new light on the still poor knowledge we have of this late-glacial vegetational formation.

Introduction

Le présent article est une contribution à la connaissance de l'histoire de la végétation du Québec durant l'Holocène. Les travaux antérieurs touchant la région étudiée ici se réduisent à un diagramme pollinique partiel, portant sur les sédiments les plus anciens du site Kénogami (LaSalle, 1966). Malheureusement, il ne livre que peu de renseignements sur l'histoire post-glaciaire de la végétation, et il a dû être repris.

La comparaison des diagrammes polliniques est toujours une source riche d'enseignements, surtout lorsqu'ils proviennent de régions voisines, mais bien individualisées comme c'est le cas ici. C'est pourquoi deux diagrammes ont été jumelés dans cet article.

La figure 1 situe géographiquement les deux stations ou des carottes de sédiments ont été prélevées. Le site Montagnais tient son nom du Petit lac aux Montagnais localisé à l'ouest de la tourbière. Ses coordonnées sont les suivantes: 47°54'30" N. par 71°10'30"O.; l'altitude du point d'échantillonnage est d'environ 800 mètres. La rivière Cyriac coule à moins de 300 mètres.

Le site Kénogami est situé immédiatement à la pointe ouest du lac Kénogami, par 48°22' de latitude nord et 71°34' de longitude ouest, à une altitude de 166 mètres environ. Les profils ont été arbitrairement codifiés M et K, respectivement. Ces lettres seront abondamment utilisées dans le texte.

Les méthodes suivies sont décrites dans Richard (1971, 1973).

Description sommaire du contexte écologique actuel

PHYSIOGRAPHIE

Chaque station appartient à une unité physiographique distincte. Le site Mon-

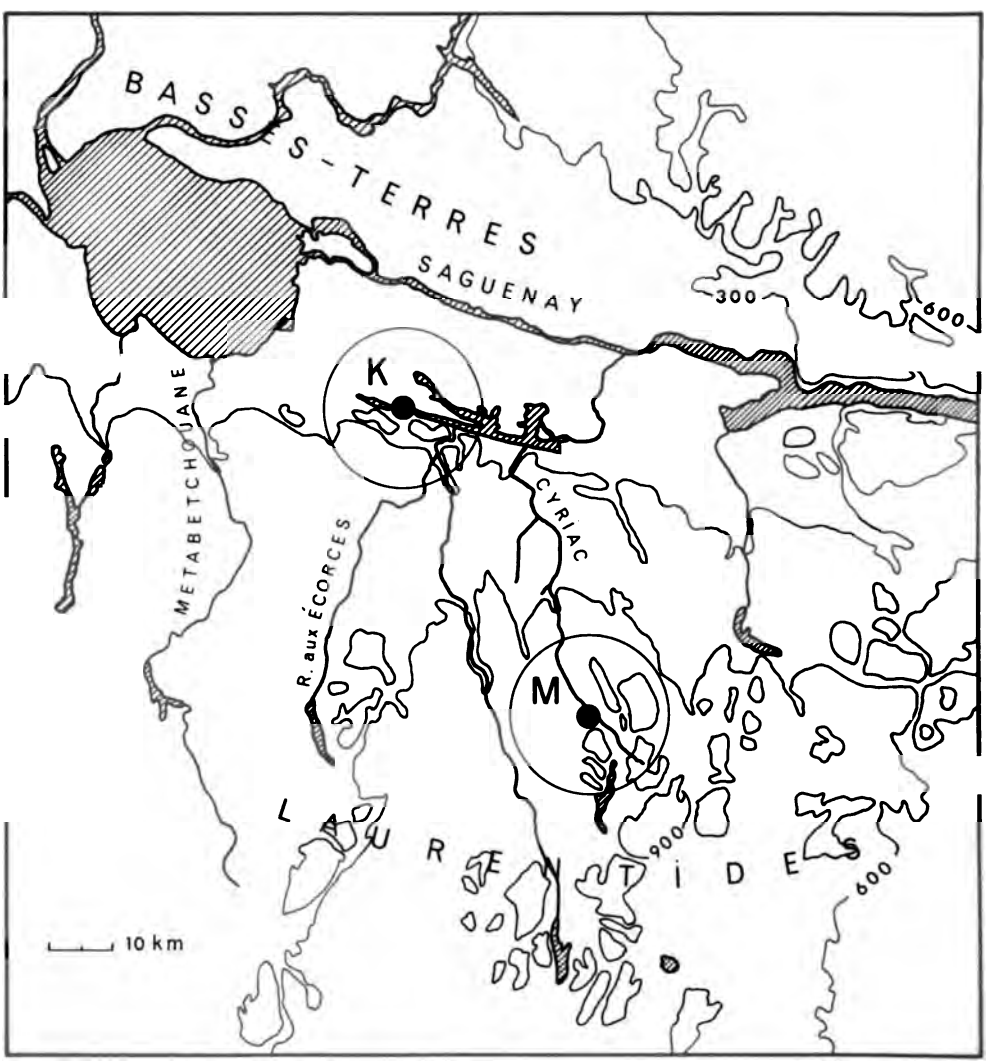


Figure 1. Région étudiée et position des sites. Les cercles délimitent le territoire produisant *la plus grande partie* du pollen enregistré dans les diagrammes. L'altitude est exprimée en mètres.

tagnais, dans le parc des Laurentides, est entouré de montagnes à pentes douces, relativement élevées (altitude 1000 mètres), séparées par des vallées souvent assez larges, comme celle de la rivière Cyriac dans sa partie amont.

Ce paysage montagneux, appartenant au Bouclier canadien, contraste fortement avec le paysage de plaine des basses-terres du lac Saint-Jean. Dans cette dernière unité physiographique, seules quelques collines viennent rompre l'uniformité du paysage. Le site Kénogami occupe une position frontalière sur les basses-terres, juste au pied des montagnes (fig. 1).

GÉOLOGIE

La région de la station Montagnais est située sur des roches pré-cambriennes granitiques ou gneissiques. Elles sont recouvertes de dépôts meubles divers: moraines, sables et graviers fluvioglaciaires, et argiles glacio-lacustres.

La tourbière Montagnais repose sur les sédiments fluviatiles de la rivière Cyriac, mis en place probablement au tardiglaciaire.

La chronologie des événements liés au retrait du glacier dans le parc des Laurentides est très mal connue, faute de recherches. La cartographie des dépôts meubles est pourtant avancée, mais ne renseigne pas sur l'âge des lacs glaciaires et ne fixe pas la position du front de l'inlandsis aux diverses époques de son retrait vers le nord.

Les travaux de Dionne *et al.* (1968) et de LaSalle *et al.* (1972) ont mis en évidence une crête morainique continue qui traverse le parc des Laurentides au sud du lac Jacques-Cartier et qui serait le prolongement de la moraine de Saint-Narcisse. Son âge serait d'environ 11,600 ans avant aujourd'hui (Gadd *et al.*, 1972), ce qui, puisque cette moraine appartient au glacier continental en retraite, fixerait un âge maximum aux sédiments organiques situés plus au nord, comme ceux des sites Montagnais et Kénogami.

La région des basses-terres du lac Saint-Jean et la vallée du Saguenay ont été le siège d'une submergence marine postglaciaire. La mer de Laflamme a occupé le graben de 10,000 à 8,500 ans avant aujourd'hui (LaSalle, *in* Gadd *et al.*, 1972). Elle est responsable des puissants dépôts d'argile et de sable qui caractérisent cette région. La tourbière K occupe une marmite glaciaire située dans l'ancien chenail reliant le lac Kénogami au lac Saint-Jean au tardiglaciaire (LaSalle, *op. cit.*), juste au-dessous de la limite marine supérieure.

L'anorthosite est la roche dominante des basses-terres, mais des lambeaux de calcaire et de schiste ordoviciens affleurent ça et là autour du lac Saint-Jean et, notamment, à l'ouest du lac Kénogami. Le contact géologique entre les roches ordoviciennes des basses-terres et les roches précambriennes du Bouclier canadien s'effectue au sud, au niveau du lac Kénogami, par une grande faille s'étendant de Saint-Félicien à la baie des Ha! Ha! Les roches sont donc en général plus basiques dans la plaine que dans la montagne et, par-dessus tout, les dépôts de surface sont très différents.

CLIMAT

Des différences climatiques évidentes, principalement liées à la différence d'altitude, caractérisent les sites K et M. Malgré sa position septentrionale, la région du lac Kénogami jouit, dans l'ensemble, de conditions climatiques plus douces. On trouvera dans une publication précédente (Richard, 1971, p. 528) des cartons climatiques touchant la région à l'étude et résumant les principales données météorologiques.

VÉGÉTATION

La végétation reflète les différences physiographiques, géologiques et cli-

matiques enregistrées entre les sites Montagnais et Kénogami. Pour les besoins de l'interprétation des diagrammes, il faut, pour décrire la végétation, prendre des unités dont l'échelle correspond aux possibilités de la méthode de l'analyse pollinique. Ces unités sont les domaines climaciques.

D'après les travaux de Gérardin (*in* Jurdant *et al.*, 1972), nous pouvons classer la végétation de nos sites dans les unités suivantes.

La végétation régionale de la station Montagnais appartient au domaine de la Sapinière à bouleau blanc des hautes laurentides. C'est la zone de la forêt boréale, caractérisée par un petit nombre d'espèces arborescentes et une relative homogénéité du couvert végétal sur de grandes distances (compte tenu de l'échelle adoptée pour décrire la végétation).

Le sapin est l'espèce dominante (70%) accompagnée du bouleau blanc (10%). L'épinette noire devient importante localement, surtout dans les sites hydriques. Les étendues tourbeuses sont abondantes et plusieurs des nombreux lacs montrent un état avancé de paludification.

La végétation régionale de la station Kénogami appartient au domaine de la Sapinière à bouleau jaune des contreforts laurentidiens. Ici, contrairement au site M, la végétation a été fortement influencée par l'action de l'homme. Les terres en culture ont une plus grande étendue que les forêts, et ces dernières se composent principalement de groupements de transition. Les espèces arborescentes sont plus nombreuses et, d'une manière générale, le couvert végétal est hétérogène, s'adaptant ainsi aux conditions écologiques variées offertes par cette région. La région du lac Kénogami occupe une position frontalière entre la zone de la forêt boréale au sud, et celle de la forêt laurentienne dont un diverticule colonise la vallée du Saguenay et la plaine du lac Saint-Jean (fig. 2).

Cette dernière zone comprendrait ici, selon Gérardin (*in* Jurdant *et al.*, 1972), le

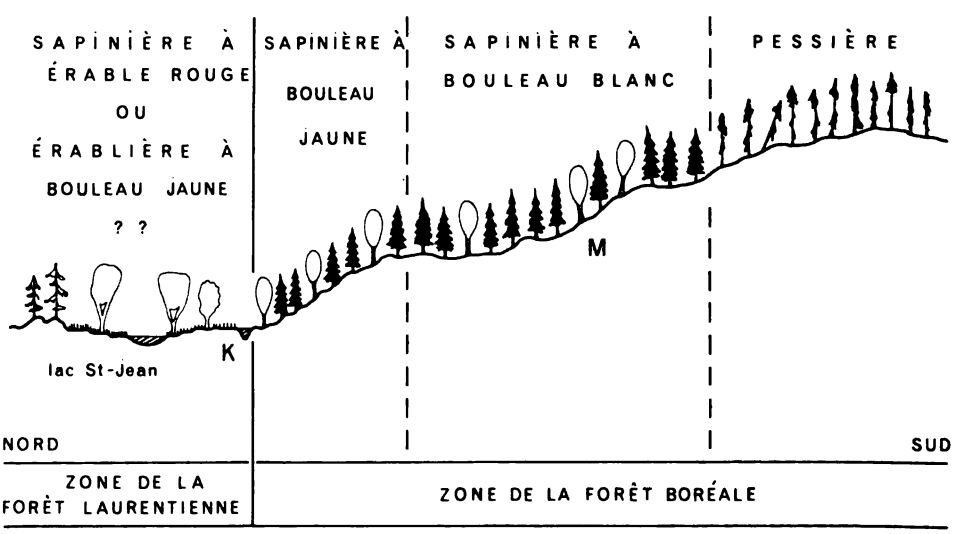


Figure 2. Transect du lac Saint-Jean aux Hautes Laurentides, montrant la zonation altitudinale de la végétation climacique.

domaine climacique de la Sapinière à érable rouge. L'érable rouge est effectivement abondant dans la plaine, de nos jours, mais n'est généralement pas considéré comme une espèce climacique, ou de groupements stables. Grandtner (1966) classe cette même région dans le domaine climacique de l'érablière à bouleau jaune. Actuellement, cette association est très discontinue et localisée dans des stations particulièrement favorables des contreforts des Laurentides. L'état très poussé de déboisement de la plaine du lac Saint-Jean ne permet pas de se faire une idée de la végétation naturelle, mais nous verrons comment l'analyse pollinique peut contribuer à éclaircir ce problème.

La végétation locale des tourbières M et K diffère considérablement. La tourbière Montagnais est relativement vaste 300 × 700 mètres, environ) et son microrelief varié lui permet de supporter toutes les associations végétales, à partir de la mare à *Nuphar variegatum* jusqu'au bosquet de *Picea mariana*, en passant par diverses associations impliquant des Cypéracées et des Ericacées, et où les *Sphagnum* jouent un rôle majeur. Une partie de la tourbière a une structure réticulée.

La tourbière Kénogami est de forme à peu près circulaire, de diamètre de moins de 100 mètres. Les Ericacées dominent, principalement grâce à *Kalmia polifolia* et *Cassandra calyculata*. Il n'y a pas de mares. Quelques plages herbacées, où dominent les linaigrettes (*Eriophorum spissum*), rompent l'uniformité du couvert arbustif. Quelques jeunes pins blancs, alliés à des épinettes noires et des mélèzes épars envahissent progressivement la dépression. Cette dernière est entourée d'aulnaies et de groupements arbustifs divers auxquels les champs donnent suite dès que le drainage s'améliore.

Résultats

STRATIGRAPHIE

La tourbière du site Montagnais

Les prélèvements ont été effectués dans la partie la plus profonde de la tourbière. Les couches sédimentaires suivantes ont pu être reconnues:

000-080 cm	tourbe de sphaigne, peu humifiée
080-200 cm	tourbe de sphaigne et d'herbacées
200-300 cm	tourbe d'herbacées
300-400 cm	tourbe de sphaigne
400-420 cm	tourbe de mousses, très humifiée
420-450 cm	sable légèrement limoneux

L'évolution de la tourbière sera discutée lors de la reconstitution de l'histoire de la végétation locale. On peut toutefois remarquer la position symétrique de la tourbe de sphaigne de part et d'autre de la tourbe d'herbacées. Si le type de sédiment est fonction du climat par le biais de la végétation locale produite, la stratigraphie qui précède semblerait supporter la succession des phases climatiques cycliques de Hafsten (1969).

La tourbière du site Kénogami

La partie la plus profonde de la tourbière a livré la succession de couches sédimentaires suivante:

000-050 cm	tourbe de sphaigne
050-080 cm	tourbe de sphaigne et de bois
080-100 cm	tourbe de sphaigne
100-240 cm	tourbe de sphaigne et d'herbacées
240-325 cm	tourbe de bois
325-500 cm	gyttja, parsemé de quelques restes végétaux
500-650 cm	gyttja argileuse, avec lentilles sableuses
650-700 cm	argile sablo-limoneuse faiblement organique

Cette stratigraphie complexe révèle d'abord que la marmitte glaciaire a, après la fonte du culot de glace, commencé par être un lac qui s'est progressivement comblé pour évoluer en tourbière. D'autres détails, tirés du diagramme pol-

linique, viendront plus loin compléter ce schéma de l'évolution de la tourbière.

CHRONOLOGIE

Le niveau 410-420 cm du site Montagnais a été daté au radiocarbone par le laboratoire de la Commission géologique du Canada. L'âge obtenu est de 8,510 ± 140 ans avant aujourd'hui (GSC-1417), ce qui correspond à un minimum pour le début de la sédimentation organique dans la tourbière (fig. 3). Si l'âge minimum de la déglaciation de la région du lac Kénogami, estimé à 9,000-10,000 ans avant aujourd'hui par LaSalle (1965), est réel et que d'autre part, le front de l'inlandsis occupait le sud du lac Jacques-Cartier vers 11,600 B. P. (voir géologie), la région du site Montagnais a dû être libérée des glaces durant l'intervalle entre ces deux époques.

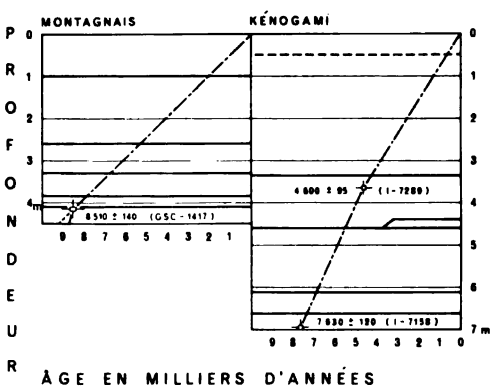


Figure 3. Courbe des âges, en fonction de la profondeur. Les zones des diagrammes y sont reportées.

La formation de la tourbière a pu être retardée par la présence d'un réseau hydrographique tardiglaciaire beaucoup plus important. La vallée de la rivière Cyriac devait être beaucoup plus large à cette époque, comme le suggèrent les sédiments fluviatiles de la base du profil M. Ceci expliquerait l'âge relativement jeune des premières couches organiques.

Une date de 7,630 ± 120 ans avant aujourd'hui (I-7158) a été obtenue pour la base du profil K (niveaux 690 à 700 cm). On ne pouvait s'attendre à un âge plus élevé, étant donné que le site a d'abord été couvert par la mer de Laflamme puis, après son retrait, par un complexe fluviatile dont les dépôts meubles reliant le lac Kénogami et le lac Saint-Jean sont les témoins.

Une autre date, de 4,600 ± 95 ans avant aujourd'hui (I-7289) a été obtenue pour les niveaux 360-370 cm de ce même profil, afin de déterminer l'âge du maximum pollinique d'*Ulmus*.

DIAGRAMMES POLLINIQUES

Les résultats de l'analyse pollinique apparaissent sur les deux diagrammes en annexe. La somme pollinique comprend toutes les plantes vasculaires terrestres. Les plantes aquatiques sont exclues. D'autres résultats apparaissent sur les diagrammes, tels la stratigraphie, les dates au radiocarbone, la fréquence pollinique absolue, le pH et la proportion des sables. A gauche, un rectangle-synthèse résume quelques caractéristiques du profil, telles l'évolution des courbes de *Picea, Pinus* et *Betula,* des arbres, des arbustes et des herbacées. La somme des pourcentages des grains de pollen arboréens (rapport AP/T) est déterminée par le trait en gras.

Les taxa suivants ont été observés, mais ne sont pas inclus dans les diagrammes:

Le diagramme Montagnais

Drosera: 0.2% à 100 cm, 0.2% à 260 cm
Dryopteris phegopteris: 0.2% à 260 cm
Hypericum: 0.2% à 400 cm
Lonicera involucrata: 0.1% à 080 cm
Potentilla type *palustris:* présence à 400 cm
Sarracenia: 0.2% à 160 cm, 1.8% à 260 cm
Sparganium: 0.2% à 320 cm, 0.5% à 340 cm
Thalictrum: 0.1% à 425 cm, 0.1% à 445 cm

Le diagramme Kénogami

Castanea dentata: 0.1% à 400 cm
Fraxinus type *pensylvanica:* 0.2% à 675 cm

Juglans nigra: 0.3% à 275 cm
Myriophyllum: 0.2% à 550 cm
Osmunda regalis: 0.6% à 375 cm
Polygonum type *persicaria:* 0.2% à 550 cm.
Potentilla type *palustris:* 0.2% à 200 cm
Prunus cf. *virginiania:* présence à 575 cm
Ranunculaceae: 0.2% à 225 cm, 0.2% à 475 cm
Rhus typhina: 0.1% à 350 cm
Sarracenia: 0.2% à 150 cm
Thalictrum: 0.4% à 500 cm, 0.2% à 625 cm
cf. *Thuja:* 0.2% à 375 et 425 cm
Typha: 0.2% à 440 cm et présence à 650 cm

Interprétation

L'interprétation est basée sur l'ensemble des résultats obtenus, et à la lumière des conclusions des études sur la pluie sporopollinique actuelle d'unités de végétation connues. En outre, on doit tenir compte de considérations méthodologiques faisant notamment intervenir le type de paysage. Ces dernières ont été exposées dans un travail précédent (Richard, 1973). Dans ce chapitre, l'interprétation est livrée telle que, presque sans commentaires. Les points critiques seront repris au chapitre de la discussion.

SITE MONTAGNAIS (diagramme no 1)

Histoire de la végétation locale

La tourbière a dû commencer à se développer durant une période où les conditions pédologiques et/ou climatiques permettaient une décomposition poussée de la matière organique, car les sédiments des niveaux 425 à 400 cm sont très humifiés. A cette époque, un marais dominé par les Cypéracées devait recouvrir l'ensemble du bassin sédimentaire. Les *Isoëtes* participaient à la végétation locale, avec des fougères, la quenouille (*Typha*) et *Menyanthes*.

Les conditions devaient être plutôt mésiques, jusqu'à l'arrivée de la sphaigne qui, acidifiant le milieu, accéléra le processus d'entourbement. Les Cypéracées ont toujours été très abondantes dans la végétation locale. Vers le niveau 300 cm, les Ericacées ont commencé à être plus abondantes et cette tendance s'est affirmée jusqu'à nos jours où une mosaïque de groupements à Cypéracées et/ou à Ericacées caractérise la végétation locale.

La croissance de la sphaigne semble avoir été d'abord importante des niveaux 400 à 300 cm, puis s'être ralentie au profit des Cypéracées (des niveaux 300 à 100 cm) quoiqu'à partir de la profondeur 200 cm, elle semble montrer une reprise qui s'est affirmée jusqu'à nos jours (d'après la colonne sédimentologique). Parallèlement, la fréquence pollinique absolue montre une augmentation, aux niveaux 300 à 100 cm, augmentation qui laisse croire que le taux d'accumulation des sédiments s'est ralenti durant la période représentée par cet intervalle. Il est probable que le pourtour de la tourbière comprenait des aulnaies et peut-être une pessière humide en ceinture. Ces groupements semblent n'avoir pas variés en importance durant le postglaciaire.

Histoire de la végétation régionale

La végétation de la région du site Montagnais s'est développée en trois phases distinctes: une phase ouverte, une courte phase d'afforestation et une phase forestière.

LA PHASE OUVERTE. Elle s'étend des niveaux 450 à 415 cm. Une végétation éparse, presque dépourvue d'arbres, dominait le paysage. Un couvert herbacé dominé par les Graminées et les Cypéracées constituait la végétation des stations mésiques. On note la présence de plusieurs taxa à distribution principalement arctique et actuellement absents de la flore régionale. Mentionnons *Oxytropis* cf. *maydelliana, Saxifraga cernua* et *Polygonum viviparum*. En outre, les Rosacées et Caryophyllacées, abondantes durant cette seule phase, doivent

être representées par des espèces actuellement arctiques. *Artemisia* (probablement de l'espèce *borealis)* est abondant durant cette phase. Ces fossiles permettent d'affirmer que la TOUNDRA était représentée alors dans cette région.

Les arbustes prenaient également part à la végétation, notamment *Betula glandulosa* (d'après la courbe du diamètre des bouleaux), *Shepherdia canadensis, Juniperus (communis?), Salix, Alnus crispa.* Ils ne devaient toutefois pas être très importants en nombre.

LA PHASE D'AFFORESTATION. La constitution du couvert forestier a dû être assez rapide, si on en juge par l'allure de la courbe du rapport AP/T qui, vers le niveau 385 cm, atteint déjà des valeurs qui demeurent assez stables jusqu'à nos jours.

L'afforestation s'est effectuée par la PESSIERE À BOULEAU GLANDULEUX ET AULNE VERT (*Alnus crispa).* Ce type de végétation relativement ouvert a dû se fermer progressivement pour atteindre le stade de pessière noire. Le bouleau glanduleux a été remplacé par le bouleau blanc qui est toutefois demeuré peu abondant. L'aulne vert a été également éliminé progressivement.

D'autres taxa ont participé à cette phase: le pin gris *(Pinus divaricata),* l'épinette blanche (*Picea glauca),* et quelques sapins (*Abies balsamea)* annonçant la phase suivante. Les autres taxons arborescents représentés dans le diagramme pollinique doivent leur présence principalement au transport à longue distance de leur pollen, notamment pour ce qui est des arbres les plus thermophiles.

LA PHASE FORESTIÈRE. Elle débute avec l'arrivée massive du sapin vers le niveau 380 cm, et s'étend jusqu'à nos jours. On peut *toutefois* discerner quelques zones au *sein de cette* longue période.

1) des niveaux 380 à 330 cm, *Abies balsamea* domine indiscutablement le paysage. L'épinette noire était présente, mais devait tendre à occuper les stations les moins favorables. Le bouleau blanc (*Betula papyrifera*) devait être assez peu abondant, et couvrir moins de 5% du territoire (Richard, 1968). Le paysage forestier devait se rapprocher alors d'une SAPINIÈRE quasiment monotypique.

2) durant la période couverte par les niveaux 330 à 260 cm, un équilibre semble s'être établi entre *Picea mariana* et *Abies balsamea.* Le couvert végétal devait ressembler à l'actuelle SAPINIÈRE À ÉPINETTE NOIRE à moins que des peuplements purs de chaque espèce aient constitué une sorte de mosaïque.

3) à partir du niveau 260 cm, jusqu'au niveau 100 cm, le bouleau blanc atteint des valeurs telles que sa participation au paysage végétal doit être interprétée comme importante. Il est probable qu'une SAPINIÈRE À BOULEAU BLANC comparable à l'actuelle a pu se constituer alors sur les sites mésiques, laissant les stations xériques et hydriques à l'épinette noire, principalement.

4) du niveau 100 cm jusqu'à la surface, l'épinette noire et le sapin semblent s'être développés au détriment du bouleau, dont le pourcentage pollinique décroît jusqu'au sommet du diagramme.

Il est intéressant de noter que le rapport AP/T ne décroît pas au sommet du diagramme, comme c'est généralement le cas, même en région forestière (voir profil JON, Richard, 1971). L'effet des déboisements intenses dans les basses-terres ne semble pas avoir influencé la pluie sporopollinique dans la région du site M.

SITE KÉNOGAMI (diagramme no 2)

Histoire de la végétation locale

La végétation locale s'est développée en deux phases distinctes révélées précédemment par la stratigraphie de la colonne sédimentologique: une phase lacustre a précédé la phase de tourbière. Le diagramme pollinique jette quelque lumière sur la végétation caractérisant ces phases.

LA PHASE LACUSTRE (700 à 325 cm). L'analyse n'a pas révélé la présence de plantes vasculaires abondantes dans le lac même. Les algues planctoniques (*Pediastrum*) sont également rares. Initialement, la végétation ceinturant le lac devait être formée principalement d'arbustes tels l'aulne rugueux (*Alnus rugosa)* et quelques saules (*Salix* sp.). Les plantes herbacées devaient être rares et l'érosion du bassin versant facilitée d'autant. Ceci expliquerait la présence de nombreuses lentilles sableuses dans les sédiments, au début de la phase lacustre, jusqu'au niveau 500 cm. Vers ce niveau, les courbes polliniques des Cypéracées et d'*Isoëtes* prennent un caractère plus régulier qui trahirait la constitution de berges relativement fixées par un couvert herbacé continu.

LA PHASE DE TOURBIÈRE (de 325 cm à la surface). Le lac, comblé par les sédiments, s'est vu envahir par une végétation hygrophile agressive. Les conditions plutôt mésotrophes du début ont permis l'installation de grands arbustes comme *Alnus rugosa,* mais la sphaigne a rapidement envahi le milieu, initiant une accumulation rapide de sédiments (la courbe des fréquences polliniques absolues montre un minimum durant cet intervalle). Les Ericacées ont pu commencer à s'installer progressivement sur le tapis de sphaigne, accompagnées de Cypéracées.

L'histoire de la végétation locale est très mal enregistrée dans le diagramme. Peu d'espèces sont représentées adéquatement. Ce phénomène est probablement dû à la petite taille du bassin et à son encaissement au sein d'une végétation terrestre à haute production pollinique. Ces conditions s'opposent à celles caractérisant le site Montagnais.

Histoire de la végétation régionale

Le diagramme pollinique débute au moment où le couvert forestier est déjà en voie de se fermer complètement. Seuls les niveaux les plus inférieurs possèdent quelques indices de la phase d'afforestation, notamment *Alnus crispa, Juniperus* et *Shepherdia canadensis.* Plusieurs types de végétation se sont toutefois succédés dans la région du site Kénogami.

1) la période couvrant les niveaux 700 à 660 cm a été dominée par une PESSIÈRE fermée à peu près pure. Il semble que les deux espèces, *Picea glauca* et *Picea mariana,* soient impliquées dans la composition du couvert forestier, la première occupant probablement les stations plus sèches ou à drainage moyen.

2) du niveau 660 à 610 cm, la SAPINIÈRE À BOULEAU BLANC s'est installée sur les stations mésiques, caractérisant probablement ainsi le domaine climacique de l'époque.

3) du niveau 610 au niveau 465 cm, la Sapinière à bouleau blanc a régressé au profit de la PESSIÈRE. Elle a dû être relique dans un paysage uniformément dominé par l'épinette noire.

A partir du niveau 460 cm, l'analyse enregistre un accroissement brusque du pourcentage de pollen de pin blanc *(Pinus strobus).* Jusqu'alors, les valeurs restaient basses. Le pin blanc ne devait participer au paysage végétal que dans une proportion extrêmement faible ou en être virtuellement absent.

Des recherches ont démontré la justesse de cette interprétation (Richard, 1968 et résultats non plubliés), la présence du pollen de *Pinus strobus* étant due à une production pollinique et un pouvoir de dispersion exceptionnels. Même les pourcentages des niveaux supérieurs à 460 cm ne reflètent qu'une présence tout à fait moyenne de l'espèce, sur les flancs des abrupts, comme actuellement. Toutefois, cette dominance pollinique masque, à cause du jeu des pourcentages, l'expression pollinique des taxa moins bien représentés dans le diagramme. Cela complique énormément l'interprétation, car il se peut que la présence de ces derniers soit restée inchangée dans le paysage végétal, malgré que leur pourcentage pollinique décroisse. L'utilisation qu'a fait Davis (1967) des fréquences polliniques absolues permet d'éviter l'inconvénient des pourcentages, mais nécessite un grand nombre de datations au radiocarbone. Notre courbe des fréquences polliniques absolues, non corrigée pour les variations du taux de sédimentation, n'a qu'une valeur indicative. Elle permet toutefois de penser que durant le maximum du pin (ou du bouleau), les taxa plus faiblement représentés polliniquement (notamment le sapin) n'ont pas dû décroître dans la même proportion que leur pourcentage pollinique. A la lumière de ces considérations, l'interprétation du reste du diagramme se lit comme suit.

4) la période couvrant les niveaux 465 à 440 cm a vu une recrudescence de la sapinière, mais cette fois, c'est le bouleau jaune qui est devenu l'espèce compagne dominante. L'histoire de la végétation régionale acquerrait ainsi un caractère nettement thermophile, d'autant plus que d'autres taxa comme l'orme *(Ulmus americana)* et le frêne *noir (Fraxinus nigra)* montrent vers la même période un accroissement notable de leur pourcentage pollinique, sans parler du pin blanc. L'absence de réaction enregistrée par la courbe de l'érable à sucre (*Acer saccharum*) est à souligner car l'augmentation de son pourcentage pollinique est un fait général dans les diagrammes de la plaine du Saint-Laurent ou des piedmonts appalachiens et sud-laurentidiens.

5) du niveau 440 à 340 cm, les courbes polliniques d'*Ulmus* et de *Fraxinus nigra* montrent un maximum remarquable. Ces taxa colonisent les stations hydriques, et les associations végétales qu'ils forment ne peuvent caractériser un domaine climacique. L'interprétation la plus probable pour cette période voudrait que le domaine climacique de l'époque appartienne à la SAPINIÈRE À BOULEAU JAUNE, colonissant les stations mésiques, et que l'ormeraie-frênaie ait occupé les stations hydriques sur argile. Ces stations sont toutefois plus abondantes dans la plaine du lac Saint-Jean que dans la région du lac Kénogami, et il se peut que le pollen de l'orme et du frêne provienne de la première région, par apports lointains.

Durant cette période, le pin gris (*Pinus divaricata*) montre des valeurs minimales, quoique durant tout le postglaciaire il ait participé discrètement au paysage végétal. Ce fait pourrait appuyer l'hypothèse d'un climat généralement plus favorable à cette époque.

6) du niveau 340 à 190 cm, la SAPINIÈRE À BOULEAU JAUNE a constitué l'association climacique. Les peuplements intrazonaux d'épinette noire, de pin blanc et de pin gris devaient être abondants.

7) cette situation s'est amplifiée durant la période couvrant les niveaux 190 à

130 cm. La sapinière à bouleau jaune s'est maintenue, mais l'épinette noire a joué un rôle de plus en plus grand. Si on compare cette partie du diagramme à celle du diagramme du site M, on ne peut manquer de voir la ressemblance. La situation en K semble être un pâle reflet de la situation en M. Il se peut effectivement que l'accroissement du pourcentage des courbes du sapin et de l'épinette, ainsi que la présence du pollen du bouleau blanc dans la région de Kénogami soient dûs à des apports de longue distance provenant de l'immense massif laurentidien où dominent les sapinières et les pessières.

8) de 030 cm à la surface, le diagramme enregistre les effets de la colonisation de la région. Des terres furent mises en cultures, et le pollen des Céréales, d'*Ambrosia* et de *Rumex* viennent en témoigner. Les plus beaux pins blancs furent abattus et leur représentation pollinique, diminuée proportionnellement.

Discussion

CORRÉLATIONS

Les courbes âge/profondeur (fig. 3) permettent, malgré le peu de dates au radiocarbone avec lesquelles elles sont construites, de proposer des âges pour les divers changements survenus dans la végétation des deux sites étudiés et de les comparer chronologiquement. La figure 4 résume les corrélations effectuées entre les diagrammes. Elles sont de deux ordres : (1) les corrélations entre les types de végétation et (2), les corrélations entre certaines caractéristiques des diagrammes polliniques (apparition, accroissement, maxima ou minima de la courbe pollinique de telle ou telle espèce).

Les corrélations entre types de végétation doivent tenir compte du contexte écologique qui caractérise chaque

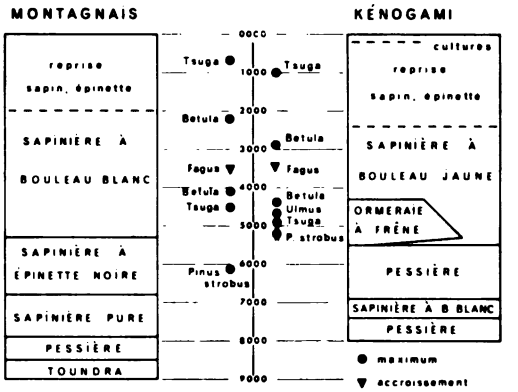


Figure 4. Comparaison chronologique de l'histoire de la végétation régionale des deux sites analysés (voir texte).

site. Une même cause (réchauffement du climat, par exemple) peut produire un effet différent selon la région. On remarque ainsi que vers 5,300 ans avant aujourd'hui, la végétation du site Montagnais passait de la sapinière à épinette noire à la sapinière à bouleau blanc, tandis que celle du site Kénogami passait de la pessière, à la sapinière à bouleau jaune avec ormeraie à frêne. Dans chaque cas, il y a passage à une végétation plus thermophile, probablement sous l'influence d'un réchauffement climatique très général. Une corrélation de même nature, mais en sens inverse semble s'être produite vers 6,800 avant aujourd'hui (voir fig. 4).

Les diagrammes K et M ne montrent pas de caractéristiques polliniques très marquées. Toutefois, certaines parties des courbes de *Tsuga, Fagus, Betula, Pinus strobus* et *Ulmus* ont pu être mises en corrélation (fig. 4). Les trois premiers taxa montrent des corrélations à peu près synchrones, mais les deux derniers, malgré la relative netteté de leur expression, affichent une métachronie très marquée. Ce sont pourtant des plantes qui devraient permettre la synchronisation des deux diagrammes l'un par rapport à l'autre. En effet, le pin blanc *(Pinus strobus)* et l'orme *(Ulmus americana)* ne font pas partie de la végétation régionale

du site Montagnais; leur présence dans le diagramme M devrait s'expliquer par un apport de longue distance à partir de sources situées probablement dans la région de Kénogami où ces espèces ont fait, et font encore partie de la végétation. Comment expliquer la présence remarquable du pollen de l'orme dans le diagramme Montagnais, en plein cœur des Laurentides, si ce n'est par des apports de longue distance par le vent? Quels sols auraient pu supporter cette espèce?

Evidemment, il est possible que les dates au radiocarbone soient fausses, mais rien ne le laisse supposer, d'autant plus qu'un synchronisme certain existe pour les autres taxa. Il est sûr, d'autre part, que les dates sont en quantité insuffisante pour permettre de tracer une courbe âge/profondeur vraiment fiable. Tout de même, il reste qu'un écart de 1,300 ans peut difficilement n'être dû qu'à des variations du taux d'accumulation des sédiments.

Le même problème s'est posé précédemment pour *Pinus strobus* dans des diagrammes de la région au nord de Québec (Richard, 1971). Aucune explication valable ne s'est présentée, mais on peut souligner que le maximum de la courbe pollinique du pin blanc est à peu près synchrone dans les diagrammes de tourbière d'une part (environ – 6,100 ans) et dans les diagrammes de lacs d'autre part (– 5000 ans environ), suggérant ainsi un rôle possible du milieu de dépôt...

LA VÉGÉTATION CLIMACIQUE DE LA PLAINE DU LAC SAINT-JEAN

La description succinte de la végétation donnée plus haut posait sommairement le problème de l'appartenance à un domaine climacique déterminé pour la végétation du lac Saint-Jean. Etant donné que l'objectif des présentes recherches est de reconstituer la végétation du passé, la question se pose de savoir jusqu'à quel point le diagramme pollinique peut résoudre un tel problème. Puisque l'état actuel de la végétation, notamment la composition floristique du couvert forestier, est très modifié, il est logique de penser qu'une reconstitution de la végétation juste avant la colonisation représenterait l'état d'équilibre qui devrait exister aujourd'hui.

Le problème peut être posé de la façon suivante: si la végétation de la plaine du lac Saint-Jean appartenait soit au domaine de la sapinière à érable rouge, soit de l'érablière à bouleau jaune, l'érable rouge ou l'érable à sucre ont dû être plus abondants avant la colonisation. Aussi, devrait-on trouver plus de pollen de ces espèces dans le passé récent. Mais ce n'est pas le cas. L'érable rouge est quasi absent du diagramme et l'érable à sucre n'atteint pas des valeurs qui puissent permettre de reconstituer une végétation où cette espèce joue un rôle majeur. L'analyse pollinique du site K ne peut appuyer ni Gérardin (*in* Jurdant *et al.*, 1972), ni Grandtner (1966).

D'autres considérations peuvent jeter quelque lumière sur le problème. L'association climacique, celle qui donne son nom au domaine, n'a jamais pu être abondante dans la région à cause de la rareté des stations mésiques. Les caractéristiques physiographiques et géomorphologiques des basses-terres favorisent une nette dominance des stations hydriques et xériques. Dans ces conditions, les espèces à potentiel climacique ne peuvent dominer le paysage et être enregistrées adéquatement dans les diagrammes polliniques. Ce problème a déjà été discuté dans une autre publication, pour le cas de la région de Saint-Raymond de Portneuf (Richard, 1973). Il n'est pas douteux que des diagrammes de plaine contribueront prochainement à éclaircir la question.

LA TOUNDRA DANS LA RÉGION DU SITE MONTAGNAIS

L'analyse pollinique de la base des sédiments de la tourbière du site Montagnais a révélé la présence de plantes à distribution géographique actuellement arctique (principalement), à des niveaux où le rapport AP/T est à un minimum (35%). Nul doute que cet assemblage pollinique représente bien une végétation ouverte, éparse, à dominance herbacée. Reste à voir dans quelle mesure on peut la qualifier de toundra. Cette précision n'est pas vaine, car le terme de toundra possède une connotation géographique impliquant des conditions écologiques précises, notamment en ce qui concerne le climat.

La valeur indicatrice des microfossiles découverts est assez faible, puisqu'on retrouve ces mêmes taxa à l'état de reliques bien au sud de leur aire principale. Quelles sont donc les raisons qui militent en faveur de l'appellation de toundra ?

Il y a d'abord le fait que seules des conditions particulières (climatiques ?) permettent la découverte d'assemblages polliniques pouvant être interprétés comme toundra. Il est en effet généralement admis que la forêt a conquis très rapidement le paysage, après la déglaciation, et que la végétation périglaciaire devait être comprimée à un point tel qu'elle n'a pas pu être représentée adéquatement dans les sédiments. Quand on réussit à trouver cet assemblage pollinique, c'est que des conditions spéciales ont permis que la végétation qui l'a produit se soit épanouie un certain temps. Lorsqu'on connaît l'agressivité de la végétation boréale sur ces sols zonaux qui sont les siens, on est obligé de conclure que le climat devait être le facteur limitant sa progression, l'effet des délais de migration étant exclu au Québec, pour les espèces boréales.

Dans le parc des Laurentides, c'est probablement l'altitude qui a permis, au tardiglaciaire, la persistance d'un climat favorable à la toundra et ralentissant l'invasion forestière.

Les autres raisons seraient d'ordre géomorphologique. Malheureusement, les quelques formes périglaciaires découvertes jusqu'à présent touchent seulement la bordure du massif montagneux du parc des Laurentides et semblent antérieurs à l'époque à laquelle se situent les assemblages polliniques de toundra. Incidemment, il semble certain que toute la région du parc des Laurentides et du lac Saint-Jean ait été libérée des glaces dès 10,000 ans avant aujourd'hui, à l'exception peut-être de quelques vallées abritant des glaciers localisés (?). Il existe donc une période de près de deux mille ans ou plus (cas du site du lac Joncas, Richard, 1971) pour laquelle nous n'avons pas encore de témoins.

Au site Montagnais, nous avons l'évidence d'une «toundra» de 9,000 à 8,500 ans avant aujourd'hui. Sur le versant sud du parc des Laurentides, la même évidence couvre la période allant de 8,000 ans à 7,200 ans avant nos jours, ceci à une altitude comparable (747 m) (Richard, 1971). Il est intéressant d'observer que la toundra est plus récente au sud qu'au nord. Malheureusement, je ne puis fournir d'explication avec les seuls résultats disponibles.

Conclusion

Ces deux diagrammes polliniques contribuent à une meilleure connaissance de l'histoire postglaciaire de la végétation du Québec mais, en même temps, ils soulèvent de nouveaux problèmes. Des problèmes d'interprétation d'abord, que seule une meilleure connaissance des relations qui existent entre le pollen et la végétation pourra résoudre; des problèmes de corrélation ensuite, que l'augmentation du nombre des diagrammes permettra de solutionner.

Remerciements

Monsieur M. Grandtner a droit à ma reconnaissance pour le rôle qu'il a joué dans l'obtention des octrois permettant d'effectuer les travaux de terrain. Les dates au radiocarbone ont pu être obtenues grâce à la générosité de M. W. Blake, de la Commission géologique du Canada, et à un octroi du Centre de recherche du moyen-nord de l'Université du Québec à Chicoutimi. M. Alayn Larouche, étudiant, ainsi que mon épouse Dominique ont grandement contribué à la confection des diagrammes et je les en remercie.

Références

DAVIS, M.B., 1967. Pollen accumulation rates at Rogers Lake, Connecticut, during late- and postglacial time. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 2: 219-230.

DIONNE J.-C., M. JURDANT et J. BEAUBIEN, 1968. Moraines frontales dans le parc des Laurentides et régions avoisinantes. Comm. au congrès de l'ACFAS, sect. Géomorph. et Quatern., 6 p. (Miméo.)

GADD, N.R., P. LASALLE, J.-C. DIONNE, W.W. SHILTS and B.C. McDONALD, 1972. Quaternary geology and geomorphology, southern Québec. Field excursions A44-C44; XXIVth Int. Geol. Congress, Montreal. D.J. Glass (ed.), Can. Export Gas & Oil, Ltd, Calgary, 70 p.

GRANDTNER, M.M., 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Presses Univ. Laval, Québec, 216 p.

HAFSTEN, U., 1969. A proposal for a synchronous subdivision of the late pleistocene period having global and universal applicability. *Nytt Mag. Bot.*, 16(1): 1-13.

JORGENSEN, S., 1967. A method of absolute pollen counting. *New Phytol.*, 66: 489-493.

JURDANT, M., J. BEAUBIEN, J. L. BELAIR, J.-C. DIONNE et V. GERARDIN, 1972. Carte écologique de la région du Saguenay — Lac Saint-Jean. Notice explicative. Vol. 1: L'environnement et ses ressources: identification, analyse et évaluation. Centre de recherche forestière des Laurentides (Environnement Canada), rapport no Q-F-X-31, 93 p., 9 annexes.

LASALLE, P., 1965. Radiocarbon date from the Lake St. John area, Quebec. *Science*, 149: 860-862.

LASALLE, P., 1966. Late Quaternary vegetation and glacial history in the St. Lawrence lowlands, Canada. *Leid. geol. Meded.*, 38: 91-128.

LASALLE, P., L. HARDY et P. POULIN, 1972. Une portion du front glaciaire au nord et au nord-est de la ville de Québec. Publ. Min. Rich. Nat. Québec, no S-135, 8 p.

RICHARD, P., 1968. Un spectre pollinique de la sapinière à bouleau blanc pour la forêt de Montmorency. *Naturaliste can.*, 95: 565-576.

RICHARD, P., 1971. Two pollen diagrams from the Quebec city area, Canada. *Pollen Spores*, 13 (4): 523-559.

RICHARD, P., 1973. Histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Saint-Raymond de Portneuf, telle que révélée par l'analyse pollinique d'une tourbière. *Naturaliste can.*, 100: 561-575.

Naturaliste can., 100: 591-603 (1973).

HISTOIRE POSTGLACIAIRE COMPARÉE DE LA VÉGÉTATION DANS DEUX LOCALITÉS AU SUD DE LA VILLE DE QUÉBEC

Pierre RICHARD

Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec

Résumé

L'histoire de la végétation dans la région de Dosquet a été enregistrée, dans les sédiments tourbeux, à partir d'environ 9,000 ans avant nos jours. A cette époque, la Pessière occupait déjà les terres fraîchement exondées suite au retrait de la mer de Champlain. Une Sapinière à bouleau blanc s'est par la suite substituée à la Pessière, puis a fait place à l'Erablière à bouleau jaune d'abord, et à l'Erablière laurentienne ensuite. Cette dernière s'est maintenue jusqu'à maintenant. Dans la région de Saint-Benjamin, l'analyse révèle la présence d'une toundra de 10,000 (au moins) à 9,300 ans avant aujourd'hui. Une Bétulaie à bouleau glanduleux s'est installée par la suite, rapidement envahie par la Pessière. A cette dernière a succédé la Sapinière à bouleau blanc, puis l'Erablière à bouleau jaune a conquis le paysage pour dominer jusqu'à présent. Des considérations méthodologiques ont pu être mises en relief, puis discutées, grâce à ces deux diagrammes, notamment en ce qui concerne certains traits des courbes polliniques *d'Acer saccharum* et de *Picea*.

Abstract

Vegetational history in the Dosquet region has been registred in peat deposits since about 9,000 B.P. At that time, the fresly water-free land supported spruce communities. These were replaced by a vegetation dominated by fir and white birch, which gave way to sugar maple — yellow birch community first and to sugar maple in association with more thermophilous taxa afterwards. This last situation prevailed until present. Pollen analysis of the "lac à Busque" sediments show evidence for the tundra form at least 10,000 to 9,300 years B.P.. *Betula glandulosa* community replaced tundra and was rapidly overcome by spruce vegetation. A fir-dominated community, with white birch, succeeded the spruce and was followed by sugar maple — yellow birch forest which dominated until now. This study allowed in addition methodological considerations concerning some feature of the pollen curves of *Acer saccharum* and *Picea*.

Introduction

Les travaux d'analyse pollinique effectués au Québec ont porté principalement sur des sédiments situés au sein ou en bordure de la région inondée par la mer de Champlain. Rares sont les diagrammes permettant de juger de l'histoire postglaciaire de l'environnement à l'intérieur des terres. Parmi ces derniers, mentionnons ceux de Vincent (1973) et d'Ignatius (1956) dans l'Abitibi, de Legault (1958) dans le parc du Mont Tremblant et de Grayson (1957) au centre de la péninsule du Québec-Labrador.

Cette localisation sélective des diagrammes polliniques s'explique par l'intérêt géologique que suscitent ces régions qui furent témoins des submergences marines. En outre, leur accès est facilité par la proximité des centres agricoles et urbains, ou des voies

maritimes. Cet état de chose a eu pour conséquence de livrer une image très partielle de l'histoire postglaciaire du Québec.

Afin de combler cette lacune, et aussi parce que l'objectif premier de mes recherches concerne la végétation plutôt que la géologie quaternaire, j'ai entrepris l'étude de sites localisés dans des massifs montagneux, notamment dans le parc des Laurentides (Richard, 1971, 1973b). La présente étude se propose de comparer l'histoire de la végétation dans le piedmont des Appalaches et les basses-terres du Saint-Laurent, au sud-ouest de la ville de Québec.

La tourbière de Dosquet a déjà été étudiée par Terasmae (1960) pour des fins géologiques. Malheureusement, le diagramme groupe les taxa thermophiles sous l'appellation "*Quercetum mixtum*", et ne permet donc pas d'apprécier les détails de l'histoire de la végétation dans cette région plutôt méridionale du Québec. Toutefois, le point précis de l'échantillonnage effectué pour la présente étude diffère de celui de Terasmae; ce sera donc une première occasion de comparer des diagrammes provenant de sites aussi rapprochés.

Le lac à Busque est situé près du village de Saint-Benjamin dans le comté de Dorchester, par 46°17' de latitude nord et 70°36' de longitude ouest. L'altitude est d'environ 330 mètres (fig. 1).

Les alentours de Dosquet abondent en tourbières de grandes dimensions. Celle qui fut choisie pour le prélèvement d'échantillons se situe à environ trois kilomètres au sud-est du village, par 46°27' de latitude nord, et 71°30' de longitude ouest. L'altitude y est de 140 mètres environ.

Ces deux stations possèdent des caractères écologiques distincts dont la comparaison sera effectuée brièvement dans le chapitre suivant.

Description sommaire du contexte écologique actuel

PHYSIOGRAPHIE

Le site du lac à Busque appartient au piedmont appalachien. Le relief y est fortement ondulé mais pas réellement montagneux. Des systèmes de grosses collines alternent avec de larges vallées. Le lac échantillonné est situé dans l'une d'elles. Ce paysage contraste nettement avec l'uniformité, à peine rompue par quelques collines, des environs de Dosquet. Ici, ce sont d'insensibles différences de relief et de roche-mère qui contrôlent le drainage dont la distribution spatiale est compliquée d'autant. Ce phénomène a un effet important sur la végétation, en limitant l'extension des stations mésiques au profit des stations hydriques et xériques.

GÉOLOGIE

Le substratum géologique des deux régions ne diffère pas sensiblement. Ce sont des roches ordoviciennes (Beekmantown) ou cambro-Ordoviciennes où dominent les grès, ardoises, conglomérats et quartzites. Le calcaire est présent par endroits.

Ce sont les dépôts meubles quaternaires qui permettent, outre la physiographie, de distinguer les deux régions. En effet, Dosquet se situe à l'intérieur de la limite marine champlainienne tandis que Saint-Benjamin, situé plus au sud et en altitude, a échappé à l'influence de la mer.

La région de Dosquet repose sur une épaisseur considérable d'argile glaciomarine recouverte de sable. Seules quelques collines rocheuses affleurent ça et là, rompant l'uniformité des terrasses champlainiennes. La mer s'est retirée de cette région vers 9,500 ans avant aujourd'hui (Terasmae, 1960). Les dépôts meubles de la région du lac à Busque comprennent principalement du till sur

les collines et leurs flancs, et des sables et graviers fluvio-glaciaires ou glacio-lacustres dans les vallées.

CLIMAT

Il n'y a pas de grandes différences climatiques entre les deux sites, quoique le climat de Dosquet soit d'une manière générale légèrement plus clément. On voudra bien se référer aux cartons apparaissant dans une publication antérieure (Richard, 1971).

VÉGÉTATION

Les différences de couvert végétal entre les deux régions sont dues essen-

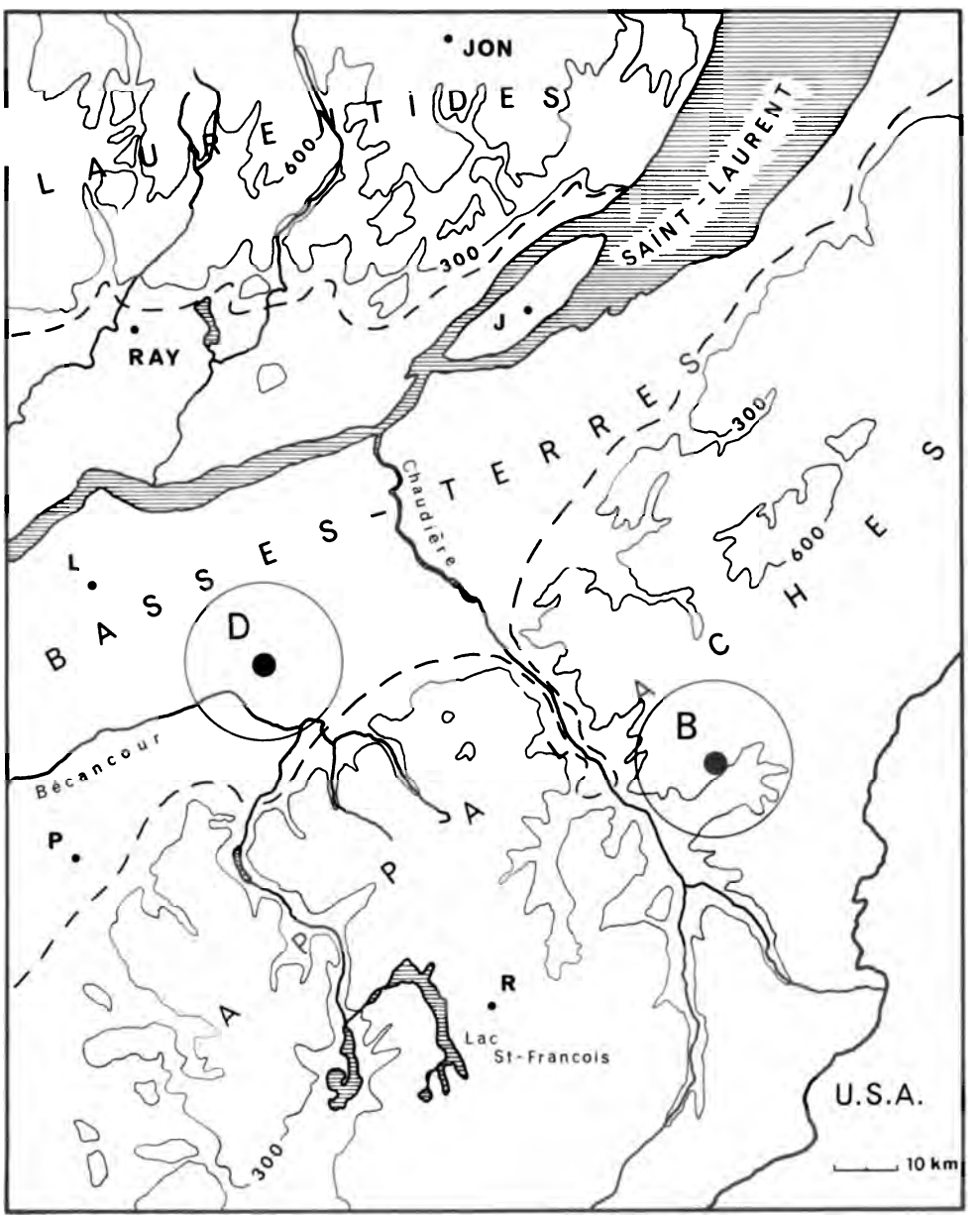


Figure 1. Région étudiée. Les sites discutés ici sont encerclés. Le cercle correspond à la région représentée dans le diagramme. L'altitude est exprimée en mètres. La limite de la mer de Champlain est figurée en tirets.

tiellement au type de sol et de relief, ainsi qu'à l'intensité de l'action anthropique (voir fig. 2). La tourbière de Dosquet est très vaste (2 km de diamètre) et supporte les associations habituelles où dominent les Ericacées. Les bosquets d'arbres (épinette noire, mélèze et pin blanc d'une part, et les mares ceinturées de Cypéracées d'autre part sont toutefois abondants. Le tapis de sphaigne est omniprésent. Après une transition effectuée par des peuplements d'épinettes et de mélèzes, la tourbière fait place aux cultures.

La végétation régionale appartient, d'après Grandtner (1966), au domaine climacique de l'Erablière laurentienne. La faible proportion des stations mésiques limite toutefois l'extension de l'association climacique. Actuellement, les cultures couvrent environ 30% du territoire et le couvert forestier est dominé par des peuplements pionniers ou de transition. L'érable rouge, le tremble et le bouleau blanc y dominent (Ladouceur et Grandtner, 1961).

Le lac à Busque est de petite taille (600m), de forme elliptique. La profondeur d'eau y est d'environ 80 cm au centre du bassin. Les berges de ce dernier ont évolué en marais dominé au sud par *Equisetum littorale*, à l'ouest par *Typha angustifolia* et *Calla palustris*. Les potamots et nénuphars sont localement abondants au sein du lac. En bordure, on note d'abord des groupements à *Myrica gale*, puis des saulaies et des aulnaies. Des bosquets de peuplier baumier se retrouvent ça et là autour du lac, lorsque le sol le permet.

La végétation régionale appartient au domaine climacique de l'Erablière à bouleau jaune. Ici, les stations mésiques sont abondantes à cause du paysage collinéen. Le hêtre n'est pas absent du cortège floristique. Les forêts couvrent environ 85% du territoire et les groupements arborescents pionniers ou de transition, quoique fréquents, ne dominent pas le paysage.

Méthodes

L'échantillonnage, effectué à l'été 1969, fut exécuté au moyen d'une sonde de type Hiller, tous les 5 cm, à partir d'un radeau pour le lac à Busque. Des précautions spéciales ont dû être prises pour éviter les contaminations d'un niveau à l'autre pour les sédiments lacustres. Certaines sections ont dû être échantillonnées plusieurs fois avant d'obtenir une carotte satisfaisante.

Des renseignements plus complets concernant les méthodes utilisées ont été publiés antérieurement (Richard, 1971, 1973a); on voudra bien s'y référer.

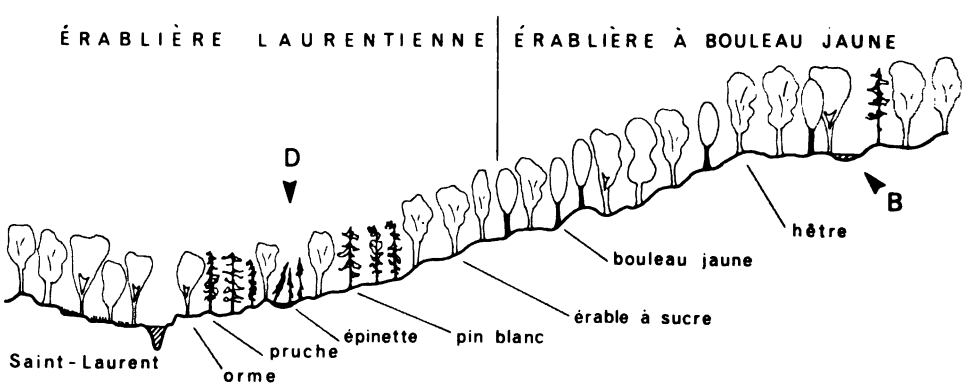


Figure 2. Transect de la vallée du Saint-Laurent au piedmont appalachien, montrant la répartition de quelques essences importantes.

Résultats

STRATIGRAPHIE

Le lac à Busque

L'échantillonnage a livré une carotte de 720 cm de profondeur. Les couches sédimentaires suivantes ont pu être distinguées:

000 - 160 cm	gyttja, peu consolidée vers la surface
160 - 270 cm	gyttja et fragments de végétaux
270 - 420 cm	gyttja
420 - 480 cm	gyttja et sable fin vers le bas
480 - 550 cm	gyttja sablo-argileuse
550 - 620 cm	argile limono-sableuse, faible en matière organique
620 - 685 cm	hiatus dans l'échantillonnage
685 - 720 cm	argile compacte.

La tourbière de Dosquet

L'échantillonnage a livré un profil de 600 cm de profondeur dont les couches se composent comme suit:

000 - 070 cm	tourbe de sphaigne fraîche
070 - 100 cm	tourbe de sphaigne et d'herbacées, accompagnée de bois
100 - 150 cm	tourbe de sphaigne et de bois
150 - 200 cm	tourbe d'herbacées et de bois
200 - 250 cm	tourbe de sphaigne et de bois
250 - 355 cm	tourbe de bois dans une gangue très humifiée
355 - 350 cm	tourbe de muscinées et d'herbacées
370 - 450 cm	tourbe d'herbacées et de bois
450 - 540 cm	tourbe de sphaigne et d'herbacées, accompagnée de bois
540 - 575 cm	gyttja argileuse
575 - 590 cm	gyttja sableuse
590 ...	gravier fin, schisteux

La sphaigne a dû être très abondante dans tout le profil, mais l'humification poussée de certaines couches ne permet pas d'en reconnaître les restes chaque fois. La phase initiale de la formation de la tourbière semble s'être appuyée sur de petites dépressions lacustres qui se sont rapidement comblées pour donner lieu à une vaste tourbière par coalescences. La grande variété des couches permet de croire que les conditions ponctuelles de croissance de la tourbe ont varié énormément durant le postglaciaire. Les couches plus humifiées peuvent représenter un contrôle climatique prépondérant.

CHRONOLOGIE

Les sédiments couvrant les niveaux 520 à 570 cm du profil B ont été datés au radiocarbone. Ils ont livré un âge de 9,100 ± 150 ans avant aujourd'hui (I-7156). Une courbe de l'âge en fonction de la profondeur a pu être tracée (fig. 3), en considérant le taux de sédimentation comme constant. L'extrapolation permet de fixer à environ 10,000 ans avant nos jours le début de la sédimentation dans le lac à Busque.

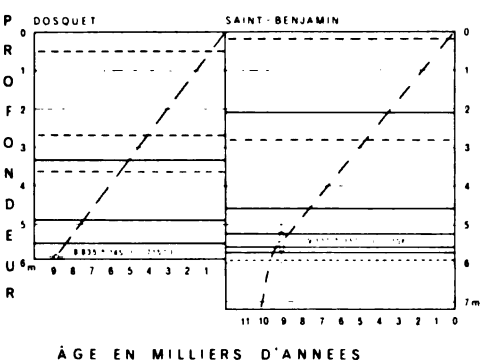


Figure 3. Courbe des âges, en fonction de la profondeur. Les zones des diagrammes y sont reportées.

Un complexe de moraines frontales occupant l'actuelle frontière Canada-Etats-Unis d'Amérique (au Québec) a été daté − 15,000 ans environ. Par ailleurs, un autre complexe morainique situé au nord de la région ("Highland front morainic system") est daté à − 12,500 ans environ. La région de Saint-Benjamin a donc dû être déglaciée dans l'intervalle fixé par ces dates (*in* Gadd *et al.*, 1972). Or, l'âge que nous avons obtenu n'est que de 10,000 ans. Cela s'explique par

le fait que les lacs et les plaines d'épandages proglaciaires ont occupé le site du lac à Busque durant les premiers milliers d'années suivant sa libération des glaces. Le lac a été formé par un culot de glace qui devait constituer alors un iceberg dans le lac glaciaire formé par les eaux de fontes coincées entre le versant sud des Appalaches et le front du glacier en retrait vers le nord (Gadd *et al.*, 1972).

Une autre datation a été effectuée, pour les niveaux 580 à 590 cm de la tourbière de Dosquet. L'âge obtenu est de 8,835 ± 145 ans avant aujourd'hui (I-7157) et correspondrait au début de la sédimentation organique. La mer de Champlain s'étant retirée de la cote 90 m d'altitude il y a au moins 9,500 ans avant aujourd'hui (Gadd *et al.*, 1972), notre site, situé à 140m environ devait être émergé avant cette date puisque son altitude est supérieure. Il semble que la formation de la tourbière ait subi un délai d'au moins 1,000 ans, à moins que l'abaissement de la mer ait été très rapide entre les cotes 140 et 90 mètres.

DIAGRAMMES POLLINIQUES

Les principaux résultats de cette étude consistent en deux diagrammes polliniques qui apparaissent sur le dépliant joint à cet article. La somme pollinique comprend tous les grains des plantes vasculaires terrestres. Les plantes aquatiques sont exclues. Les autres résultats accompagnant le diagramme sont la stratigraphie, les dates au radiocarbone, la fréquence pollinique absolue, le pH et la proportion des sables.

A gauche, un rectangle-synthèse résume les principales caractéristiques du profil, telles les courbes polliniques de *Picea, Pinus, Betula,* des arbustes et des herbacées. La somme des pourcentages des grains de pollen arboréens apparaît en gras. Elle détermine le rapport AP/T *couramment* utilisé pour estimer le taux *de boisement.*

Les taxa suivants ont été observés, mais ne sont pas inclus dans les diagrammes:

Le diagramme du lac à Busque

Caprifoliaceae: 0.1% à 555 cm, 0.2% à 585 cm
Equisetum: 0.2% à 495 cm, 0.4% à 510 cm
Myriophyllum: 0.1% à 045 cm
Rhamnus: 0.1% à 095 cm
Sparganium: 0.3% à 545 cm
Viburnum lentago: 0.2% à 220 cm

Le diagramme de la tourbière de Dosquet

Drosera rotundifolia: 0.2% à 350 cm
Equisetum: 2.0% à 540 cm, 3.2% à 575 cm
Lonicera cf. *involucrata:* présent à 520 cm
Nemophanthus: 0.1% à 300 cm

Interprétation

LAC À BUSQUE, SAINT-BENJAMIN DE BEAUCE (diagramme no 1)

Histoire de la végétation locale

Le diagramme pollinique livre peu d'information sur l'histoire de la végétation locale. Il n'y a pas de dominance particulière du pollen des plantes aquatiques ou de rivage qui permette de délimiter les phases de l'évolution du lac. La colonne sédimentologique est plus riche en renseignements. La présence de sédiments minéraux du niveau 470 cm à la base permet de croire que durant cette époque, la végétation herbacée entourant le lac ne devait pas être dense, puisqu'une érosion superficielle a dû apporter ces sédiments. Le maximun enregistré chez les Cypéracées, les Graminées, etc... à la base du profil doit être dû à des plantes occupant d'autres stations que les abords mêmes du lac. Dans le cas contraire, les sédiments auraient montré une beaucoup plus grande teneur en matière organique.

Des Ptéridophytes diverses ont dû être présentes en grande quantité au début de l'histoire de la végétation locale, si on se base sur la courbe des spores (spores s.l.)

Les algues vertes planctoniques (type *Pediastrum*) montrent également un maximum vers cette époque, probablement parce que le lac était alors plus riche en éléments minéraux (le pH est maximum à la base du profil).

Histoire de la végétation régionale

Trois phases distinctes et bien individualisées caractérisent l'histoire de la végétation régionale: une phase de toundra, une phase d'afforestation, et une phase forestière.

LA PHASE DE TOUNDRA. Elle comprend les niveaux 720 à 575 cm environ. Au début (niveaux 720 à 690 cm), les arbres dominent polliniquement, mais la courbe des fréquences polliniques absolues est à son minimum. Malgré le rapport AP/T élevé, les arbres étaient virtuellement absents du paysage végétal régional et leur dominance pollinique n'est dûe qu'à des apports polliniques de longue distance. Seules quelques herbacées éparses, accompagnées peut-être de l'aulne vert *(Alnus crispa)*, colonisent les sols fraîchement libérés des glaces et/ou des eaux des lacs et cours d'eau proglaciaires. D'ailleurs l'arrivée massive des plantes herbacées fait diminuer le rapport AP/T jusque vers le niveau 595 cm.

Vers le niveau 605 cm, le rapport AP/T montre un léger maximum accompagné d'une hausse notable dans la courbe des fréquences polliniques absolues. Si le taux de sédimentation est resté constant durant cette période, ceci pourrait indiquer une avance de la forêt (de bouleau glanduleux) suivie d'un rapide recul sous l'effet d'une brève oscillation chaude du climat. Cette zone du diagramme devrait toutefois être réétudiée et datée soigneusement pour être certain de l'hypothèse avancée.

La toundra typique (polliniquement) couvre les niveaux 595 à 575 cm. Le rapport AP/T est faible, et la fréquence pollinique absolue exclut la présence d'une forêt, même ouverte. Quelques arbres pouvaient toutefois être présents, isolément, dans des stations protégées.

Durant la période représentée par ces niveaux, et même auparavant pour certains taxa, la végétation était dominée par les Cypéracées et *Artemisia* (probablement l'espèce *borealis)*. Plusieurs taxa dont la distribution géographique actuelle est en majeure partie arctique étaient présents tels: *Oxyria* cf. *digyna, Oxytropis, Saxifraga* type *cernua* et *Saxifraga* type *oppositifolia*, et *Polygonum viviparum;* les Caryophyllacées, Crucifères, Rosacées et Liliacées, restreintes à cette zone, doivent aussi probablement représenter des plantes actuellement arctiques. Quelques arbustes tels *Shepherdia canadensis, Juniperus, Alnus crispa, Salix* sp. accompagnaient cette flore herbacée. Ils ont toutefois, pour la plupart, atteint leur maximum d'abondance seulement par la suite.

LA PHASE D'AFFORESTATION. La fermeture du couvert végétal a débuté par l'arrivée massive du bouleau glanduleux (*Betula glandulosa)* qui domine les niveaux 577 à 560 cm. Par la suite, l'épinette noire (*Picea mariana)* s'est installée progressivement, formant un couvert forestier assez ouvert, même vers la fin de cette période de pessière. En effet, des espèces héliophiles telles le génévrier (*Juniperus)* et l'aulne vert (*Alnus crispa)* restent abondantes des niveaux 560 à 525 cm. Cette dernière espèce atteint même son maximum au début de la phase suivante. Le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloïdes)*, espèce de milieux instables, a joué un rôle au sein de la pessière qui dominait cette époque.

LA PHASE FORESTIÈRE. Elle est marquée par l'arrivée du sapin à l'époque représentée par le niveau 525 cm. La courbe du diamètre du pollen de bouleau révèle en même temps la

présence de *Betula papyrifera*. Jusqu'au niveau 460 cm, une végétation semblable à celle qui caractérise l'actuel domaine de la SAPINIÈRE À BOULEAU BLANC a dû coloniser la région.

La présence massive, au début de cette période, du pollen d'*Alnus* cf. *crispa* semble toutefois indiquer que le couvert forestier a accusé un certain retard à se fermer.

A partir du niveau 460 cm, la courbe pollinique d'*Acer saccharum* devient continue et atteint des valeurs telles qu'il faut en inférer l'établissement extensif de l'ERABLIÈRE dans la région. Le bouleau jaune devait être l'espèce compagne, malgré la faible abondance révélée par la courbe du diamètre du pollen de bouleau. Ce n'est que vers le niveau 300 cm qu'il apparaît hors de tout doute dans le diagramme.

Vers le niveau 280 cm, le hêtre (*Fagus grandifolia)* prend une expansion sensible au sein de l'érablière. C'est le seul changement notable qui semble s'être produit sur les stations mésiques durant la plus grande partie du postglaciaire, après l'établissement de l'érablière comme association climacique. Il n'en a pas été de même sur les stations hydriques ou xériques. Les premières ont été d'abord dominées par l'omeraie à frêne noir, du niveau 460 au niveau 210 cm, puis par des pessières humides qui prirent graduellement de l'importance sur l'ormeraie à frêne noir.

Les stations xériques, elles, se sont vues d'abord dominées par le pin blanc, du niveau 460 au niveau 385, puis des peuplements mixtes de pruche et de pin blanc (vers le niveau 345 cm). Il se peut toutefois qu'une partie du pollen de pruche enregistrée dans le diagramme B provienne, par apports de longue distance, de la région des basses-terres du Saint-Laurent où l'espèce est mieux représentée polliniquement, donc probablement plus abondante.

Les premiers centimètres du profil montrent l'effet du défrichement récent: le rapport AP/T décroît légèrement pendant que sont enregistrés les grains de pollen des céréales, d'*Ambrosia*, de *Rumex* type *acetosa* et de *Plantago*, toutes plantes rudérales. Il est toutefois à remarquer que l'influence anthropique est assez légère comparativement à ce qui est enregistré dans d'autres diagrammes, même en région forestière (tourbière du lac Joncas, Richard, 1971).

TOURBIÈRE DE DOSQUET (diagramme no 2)

Histoire de la végétation locale

Une courte *phase lacustre*, s'étendant sur les niveaux 590 à 540 cm caractérise les sédiments de la base du profil. Si on en juge par la présence de minéraux dans la gyttja, le couvert végétal ne devait pas être très dense autour du bassin et permettre ainsi une certaine érosion de surface. *Isoëtes* était présent durant cette période, probablement peu abondant, sur les bords de la dépression, avec des Cypéracées. Des bosquet de *Salix* ont dû croître en ceinture autour du lac, accompagnés de l'aulne rugueux *(Alnus rugosa)*.

La phase de tourbière couvre le reste de l'Holocène. Le diagramme enregistre l'arrivée des sphaignes qui furent responsables de la grande accumulation de sédiments. Du niveau 540 au niveau 410 cm environ, une tourbière à Cypéracées a dû dominer. Par la suite, les Ericacées se sont installées pour former un couvert arbustif abondant, quoique discontinu. Les courbes polliniques ne permettent pas de préciser plus avant l'histoire de la végétation locale.

Histoire de la végétation régionale

Celle-ci débute avec la présence d'une couverture forestière ouverte, mais qui

s'est rapidement fermée. Examinons-la avec quelque détail, en tenant compte de la faible représentation des stations mésiques susceptibles de porter le climax climatique.

1) la période représentée par les niveaux 590 à 550 cm est caractérisée par le domaine de la PESSIÈRE NOIRE À BOULEAU GLANDULEUX. Le paysage végétal ressemblait alors à l'actuelle taïga ou toundra forestière, avec *Alnus crispa, Juniperus communis* et *Shepherdia canadensis* formant, avec les saules, les principaux taxa arbustifs. Des conditions édaphiques instables favorisaient des essences pionnières telles le peuplier faux-tremble (*Populus* cf. *tremuloïdes).*

2) du niveau 550 au niveau 490 cm, le sapin baumier prend de l'importance sur les sites mésiques où le bouleau blanc remplace le bouleau glanduleux. Les stations à drainage insuffisant ou excessif devaient supporter respectivement la pessière humide sur sphaigne ou la pessière à bouleau glanduleux. A la fin de cette période ou au début de la suivante, il n'est pas impossible que la sapinière à bouleau jaune ait remplacé la sapinière à bouleau blanc, mais ceci n'apparaît pas clairement dans le diagramme.

3) à partir du niveau 490 cm, la courbe de *Pinus strobus* masque l'expression de celle d'*Abies.* En même temps, la courbe du diamètre du pollen de bouleau révèle l'arrivée du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* ou *B. lutea).* Par ailleurs, la courbe d'*Acer saccharum* prend des valeurs telles qu'un domaine climacique de l'ÉRABLIÈRE À BOULEAU JAUNE doit être proposé pour cette époque. Les stations xériques devaient être alors colonisées par le pin blanc et les stations hydriques, par l'ormeraie à frêne noir. Cette situation s'est poursuivie jusqu'à l'époque représentée par le niveau 335 cm.

4) vers cette dernière époque (niveau 335 cm environ) plusieurs essences thermophiles apparaissent ou forment une courbe plus continue, telles *Fagus grandifolia, Tilia americana, Carpinus* et/ou *Ostrya, Juglans cinerea, Fraxinus pensylvanica* et peut-être même *Castanea dentata.* Le domaine climacique de l'ÉRABLIÈRE LAURENTIENNE (sur sites mésiques) était atteint.

La végétation des stations hydriques est restée essentiellement la même, pendant que celle des stations xériques était envahie par la pruche (*Tsuga canadensis)* soit en mélange avec le pin blanc, soit en peuplements purs. Si elle avait dominé les stations mésiques, il est probable que le pourcentage pollinique de l'érable à sucre aurait décrû.

Deux phases à pruche sont apparentes dans le diagramme. Une première, du niveau 370 au niveau 265 cm, et une deuxième, du niveau 265 cm à 050 cm. Cette deuxième phase s'accompagne presqu'au début d'un accroissement notable de la courbe pollinique de l'épinette noire, d'abord, et du sapin baumier ensuite quoique de façon très peu distincte pour ce dernier taxon. Ce phénomène tendrait à supporter l'hypothèse d'un refroidissement progressif du climat à partir de l'époque représentée par le niveau 265 cm environ.

5) du niveau 055 cm jusqu'à la surface, le rapport AP/T décroît par suite du défrichement intensif qui a accompagné la colonisation. On note l'apparition des Céréales, d'*Ambrosia,* de *Rumex* cf. *acetosa* et une augmentation des Chénopodiacées, des Composées tubuliflores, des Rosacées, etc. Ces taxa accompagnent les cultures et pâturages implantés par l'homme.

Discussion

CORRÉLATIONS

En faisant intervenir les courbes des âges en fonction de la profondeur (fig. 3),

il est possible de déterminer l'âge des divers changements intervenus dans l'histoire de la végétation tels qu'ils apparaissent dans le chapitre précédent. Cette détermination est toutefois approximative, étant donné le peu de dates avec lesquelles les courbes âge/profondeur sont construites. La figure 4 présente donc un ordre de grandeur de l'évolution chronologique du couvert végétal des sites de Saint-Benjamin et de Dosquet. De plus, elle comporte quelques caractéristiques (maxima, accroissements, etc.) des courbes polliniques de certains taxa, communes aux deux diagrammes. Elle permet de juger en première approximation, du synchronisme ou du métachronisme des corrélations qu'on veut effectuer.

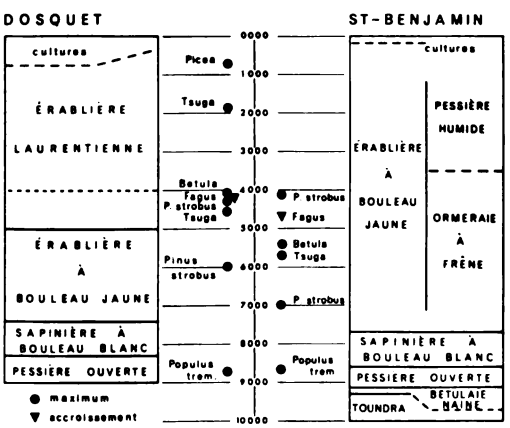


Figure 4. Comparaison chronologique de l'évolution végétale des deux sites analysés (voir texte).

On note par exemple le synchronisme presque parfait du second maximum pollinique de *Pinus strobus*, ainsi que du tremble (*Populus tremuloïdes*). Dans le cas du pin blanc, il est possible que des apports polliniques lointains, de la région des basses-terres à la région de Saint-Benjamin, soient en partie responsables du synchronisme enregistré.

Les corrélations entre types de végétation découlent directement de *l'observation* de la figure 4. Le décalage entre les périodes d'existence d'un même type de végétation, de Saint-Benjamin à Dosquet, appuie l'hypothèse que l'immigration de la végétation s'est faite directement du sud au nord. L'accumulation des diagrammes viendra préciser ce point.

Par ailleurs, la comparaison des courbes polliniques de *Picea* cf. *mariana*, d'*Abies balsamea* et de *Tsuga* des deux diagrammes dans leur moitié supérieure reflète bien le caractère zonal de la végétation des environs du lac à Busque, et intrazonal, dans la région de Dosquet. En effet, à ce dernier site, étant donné la proportion énorme des stations xériques et hydriques par rapport aux stations mésiques, les modifications climatiques (?) entraînent des changements dans la végétation, changements qui sont enregistrés clairement dans le diagramme D. Par contre, l'abondance des stations mésiques dans la région de Saint-Benjamin atténue l'expression pollinique des taxa colonisant les stations xériques ou hydriques. C'est ainsi que le maximum de la pruche (*Tsuga*) vers 1,850 avant aujourd'hui enregistré en D, n'apparaît pas dans le diagramme B. Il en est de même pour le récent maximum pollinique de *Picea* cf. *mariana*.

COMPARAISONS AVEC D'AUTRES DIAGRAMMES

La figure 5 représente le diagramme de Dosquet effectué par Terasmae (1960).

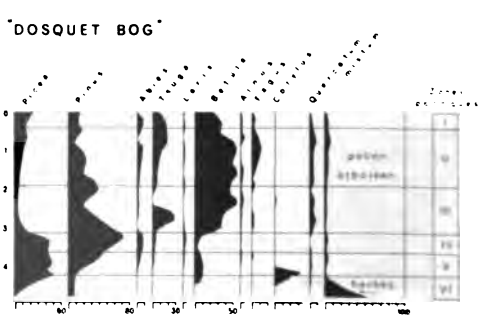


Figure 5. Diagramme de Dosquet, d'après J. Terasmae (1960).

e l'information pertinente publiée l'auteur est reproduite fidèlement. efois, la présentation du diagramme ıodifiée de manière à le rendre comıle à celui que je présente ici. ıelle horizontale (pourcentage) est ırmisée, et les courbes polliniques basées sur la somme totale des ıs arboréens et non-arboréens.

ımme on devait s'y attendre, la corındance entre les deux diagrammes ɜmarquable. L'allure des courbes est iblement la même. Toutefois, cers différences méritent d'être souıes.

ɜmièrement, la phase initiale à tation ouverte, distincte dans le ·amme de Terasmae, n'apparaît pas le mien qui se trouve ainsi tronqué base. Ensuite, la Pessière est coup mieux exprimée, avec des centages polliniques de *Picea* de de 50, tandis que dans le diagramme ɜnté ici, ce taxon atteint 25% à peine :te époque. En général, les courbes niques de *Picea* et de *Pinus* montrent ılus grands pourcentages dans le ramme de Terasmae. Enfin, la chute nte du rapport AP/T, très nette dans diagramme, n'apparaît pas dans le ramme de cet auteur.

ɜs variations sont toutefois mineures ɜuvent être expliquées par le "pat-' végétal particulier caractérisant ıue site. Elles permettent de constaɜ niveau d'identité auquel on doit ɜndre dans la corrélation des diaımes, même dans des cas où ils sont ·apporchés comme ici, où la distance ɜ les deux sites est de l'ordre de deux nètres. C'est en quelque sorte une ıre de la fidélité de la méthode de ılyse pollinique et de son pouvoir de ·imination.

ı peut noter par ailleurs qu'en dépit ıit que mon profil pollinique couvre plus courte période, sa profondeur excède de 120 centimètres celui de Terasmae. Le taux de sédimentation peut donc différer sensiblement, d'un point à l'autre d'un même complexe de tourbières.

LE RÉCENT MAXIMUM DE LA COURBE POLLINIQUE DE PICEA À DOSQUET

Au niveau 050 cm, le diagramme de Dosquet montre un maximun pollinique de *Picea* atteignant 23%, ce qui dépasse de 10% la valeur atteinte au niveau 560 cm, valeur qui suffisait pour reconstituer une Pessière comme végétation régionale pour cette époque.

On peut se demander pour quelle raison je persiste à interpréter la végétation du niveau 050 cm comme étant l'Erablière laurentienne et non une Pessière. C'est tout simplement, à la lumière de mes recherches sur la représentation pollinique de la végétation actuelle, parce qu'un pourcentage pollinique d'*Acer saccharum* de 1 ou de 2 est généralement suffisant pour permettre de reconstituer l'érablière. Les divers maxima d'une même courbe pollinique, malgré leur ressemblance, n'indiquent pas nécessairement la même végétation. Dans le cas qui nous occupe, l'accroissement de la courbe de *Picea* et son point culminant à 050 cm sont probablement dus à l'implantation des arbres sur la tourbière même ou à son pourtour, donc plus près du point d'échantillonnage que toute autre espèce arborescente. Ils étaient ainsi aux premières loges, et dans une très bonne posture pour disséminer leur pollen au point d'échantillonnage.

REPRÉSENTATION POLLINIQUE DE L'ÉRABLIÈRE

L'érable à sucre (*Acer saccharum)* est une espèce restreinte d'une manière assez stricte aux stations mésiques. On a vu que ces dernières étaient rares dans la région de Dosquet et abondantes dans la

région de Saint-Benjamin. On peut estimer leur couverture respective à moins de 25% dans la première région et à près de 60% dans la seconde. Comme l'Erablière caractérise les sept derniers milliers d'années couverts par les diagrammes B et D, la comparaison de la courbe pollinique de l'érable à sucre dans l'un et l'autre permet de se rendre compte de la relation qui existe entre le type de relief et la représentation pollinique. Les pourcentages varient de 1 à 2 dans les diagrammes de Dosquet, et de 1 à 6 dans celui de Saint-Benjamin où la moyenne est de 2.5%. Ainsi la relation mentionnée plus haut semble à peu près linéaire.

L'érablière n'est toutefois pas partout représentée par ces mêmes pourcentages polliniques. Puisque, dans ces types de diagrammes, c'est le calcul des pourcentages qui constitue le mode d'expression, chaque taxon est obligatoirement fonction des autres. Si des espèces polliniquement sur-représentées sont absentes, le pourcentage pollinique des espèces sous-représentées par leur pollen s'en trouvera accrû. C'est ainsi que dans le diagramme du lac van Nostrand, Ontario (McAndrews, 1970), en l'absence du bouleau (ou presque), l'érablière est représentée par des pourcentages polliniques atteignant 18. De même l'étang de Brownington, au Vermont, a livré un diagramme dans lequel l'érablière est représentée par des pourcentages polliniques de 15. L'auteur (M. B. Davis, 1965) estime qu'une couverture de 40% d'érable à sucre a produit ces pourcentages. Dans ce dernier cas, c'est le pin qui est très peu représenté dans le diagramme.

Au Québec, la somme des pourcentages du pollen de pin et de bouleau tourne constamment autour de 70. Dans de telles conditions, les espèces sous-représentées ne peuvent atteindre de grandes valeurs.

Ce qui précède permet de réaliser que la méthodologie de l'interprétation des diagrammes est très complexe, qu'elle doit tenir compte d'un grand nombre de facteurs et, surtout, qu'on ne peut en exporter les principes d'une région à l'autre sans discernement. Ce qui est vrai (ou plausible) dans tel cas, s'avérera inacceptable dans tel autre.

LA TOUNDRA À SAINT-BENJAMIN

Le diagramme de Saint-Benjamin ajoute encore une localité où un assemblage pollinique, représentant une végétation de toundra, s'est fossilisé au tardiglaciaire. Sa signification climatique et les conditions de sa présence (ou de son absence) ont été abondamment discutées ailleurs (Richard, 1971, 1973b).

Au site du lac à Busque, la toundra représente un intérêt spécial car elle couvre au moins 155 centimètres de sédiments. Cette portion du profil comprend malheureusement un hiatus, dans le diagramme présenté ici, et devrait être ré-échantillonnée dans l'avenir.

Les progrès futurs dans la connaissance de la nature réelle de la végétation et du climat au tardiglaciaire seront fonction des conditions suivantes: 1) une connaissance approfondie de la morphologie pollinique de la flore arctique actuelle, afin d'éviter de parler de Crucifères quand on pourrait dire *Draba*, de Caryophyllacées, de Rosacées et d'Ericacées, quand on pourrait dire *Lychnis*, *Dryas* et *Cassiope*; 2) la détermination précise des fréquences polliniques absolues, aliiée à un contrôle chronologique fiable, afin d'être en mesure d'apprécier le taux de couverture végétale dans le paysage et de déceler l'effet d'oscillations climatiques minimes; 3) la recherche systématique, en collaboration avec des géomorphologues aguerris, des sites susceptibles d'offrir des séquences polliniques com-

plètes, de la déglaciation à nos jours.

Conclusion

L'analyse pollinique est une méthode d'investigation paléobiogéographique éminemment précieuse, surtout en ce qui concerne le Quaternaire. Les résultats présentés ici tendent toutefois à montrer qu'elle a ses limites ou, du moins, que son application pose parfois des problèmes. Je suis personnellement convaincu que la méthode a des limites, mais en même temps, je suis certain qu'elles ne sont pas encore atteintes, et beaucoup s'en faut! Plus le nombre des chercheurs utilisant l'analyse pollinique ira grandissant, plus notre vision de l'évolution végétale tardi-wisconsinienne et postglaciaire ira en s'affirmant.

Remerciements

Le Centre de recherche du moyen-nord a aimablement défrayé le coût des datations au radiocarbone des sédiments. Monsieur Alain Larouche ainsi que mon épouse Dominique ont contribué à cet article en confectionnant les diagrammes polliniques. Toute ma reconnaissance leur est acquise.

Références

DAVIS, M. B., 1965. Phytogeography and palynology of Northeastern United States, p. 377-401 *In:* WRIGHT, H. E. and D. G. FREY, (eds.) The Quaternary of the United States. Princeton Univ. Press., 922 p.

GADD, N. R., P. LASALLE, J.-C. DIONNE, W. W. SHILTS and B. C. McDONALD, 1972. Quaternary geology and geomorphology, southern Quebec. Field excursions A44-C44; XXXIVth Int. Geol. Congress, Montreal. D. J. Glass (ed.), Can. Export Gas & Oil, Ltd, Calgary, 70 p.

GRANDTNER, M. M., 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Presses Univ. Laval, Québec, 216 p.

GRAYSON, J. F., 1957. The postglacial history of vegetation and climate in the Labrador-Quebec region as determined by palynology. Ph. D. thesis, Univ. Michigan, Ann Arbor, 300 p.

IGNATIUS, H., 1956. Late-Wisconsin stratigraphy in north-central Quebec and Ontario, Canada. Ph. D. thesis, Yale Univ., 76 p.

JORGENSEN, S., 1967. A method of absolute pollen counting. *New Phytol.*, 66: 489-493.

LADOUCEUR, G. et M. GRANDTNER, 1961. Les terres à reboiser du Québec méridional. Bull. Fonds Rech. for. Univ. Laval, no 4, 52 p.

LEGAULT, A., 1958. Evolution végétale postglaciaire sur la terrasse au sud du Mont-Tremblant, Québec, Canada. Thèse M. SC., Univ. Montréal, 185 p.

McANDREWS, J. H., 1970. Fossil pollen and our changing landscape and climate. *Rotunda*, 3 (2): 30-37.

RICHARD, P., 1971. Two pollen diagrams from the Quebec city area. Canada. *Pollen Spores*, 13 (4): 523-559.

RICHARD, P., 1973a. Histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Saint-Raymond de Portneuf, telle que révélée par l'analyse pollinique d'une tourbière. *Naturaliste can.*, 100: 561-575.

RICHARD, P., 1973b. Histoire postglaciaire comparée de la végétation dans deux localités au nord du Parc des Laurentides, Québec. *Naturaliste can.*, 100: 577-590.

TERASMAE, J., 1960. Contributions to canadian palynology. No. 2. *Bull. geol. Surv. Can*, no. 56, 41 p.

VINCENT, J.-S., 1973. A palynological study for the little clay belt, northwestern Quebec. *Naturaliste can.*, 100 (1): 59-69.

Naturaliste can., 100: 605-630 (1973).

CONTRIBUTIONS TO THE FLORA OF MARINE ALGAE OF EASTERN CANADA. 1. INTRODUCTION, HISTORICAL REVIEW AND KEY TO THE GENERA[1, 2, 3]

G. Robin SOUTH

Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland

André CARDINAL

Département de biologie, Université Laval, Québec

Résumé

Les auteurs présentent ici une introduction à une série de contributions à la flore des algues marines benthiques de l'est du Canada, de même qu'une revue des travaux d'importance publiés sur ce sujet jusqu'à ce jour. En plus, les auteurs proposent une clef dichotomique artificielle conduisant à l'identification des Chlorophyceae, des Phaeophyceae et des Rhodophyceae benthiques de cette région. Les auteurs sollicitent la collaboration de leurs collègues intéressés.

Abstract

An introduction to a series of contributions to the flora of marine benthic algae of Eastern Canada is given, consisting of a review of research in marine algae in eastern Canada up to the present time. Following is an artificial, dichotomous key to the genera of benthic Chlorophyceae, Phaeophyceae and Rhodophyceae of eastern Canada. Contributions from others are sollicited by the authors.

Introduction

The following introduction is intended as the first publication in a series in which the authors plan to produce an updated description of the benthic marine algal flora of Eastern Canada (Chlorophyta, Phaeophyta, Rhodophyta — and possibly Cyanophyta at a later date). A first step towards this achievement was publication of the Checklist of Marine Algae of Eastern Canada (South and Cardinal, 1970), where an attempt was made to review the extensive distributional and nomenclatural changes in the Eastern Canadian marine algal flora since the publication of Taylor's Marine Algae of the Northeastern Coast of North America (1957). The continuing value of Taylor's flora should not be overlooked. These contributions to the Eastern Canadian flora will hopefully update and supplement Taylor's work where necessary, and will introduce, in particular, features which will satisfy a broad audience of marine biologists, and will create an awareness of the numerous nomenclatural, ecological and life-history problems involved in studies of Eastern Canadian marine algae. The growing complexity of these and related problems, with every new study, cannot permit any

[1] Studies in Biology from Memorial University of Newfoundland, No. 324.

[2] Contribution du Département de biologie de l'Université Laval, no 88.

[3] Contribution au programme du Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec (GIROQ).

work of this type to present a final statement. By the treatment we anticipate, however, students and researchers will be guided to those areas most requiring further investigation, and perhaps stimulated in the future towards much needed and well directed studies.

Scope and limitations

These contributions encompass the entire coastline of eastern Canada, from the Maine/New Brunswick border in the south, to Cape Chidley, Labrador, in the north. Included are the coast of New Brunswick, Nova Scotia, Prince Edward Island and insular Newfoundland. The St. Lawrence Estuary and the Gulf of St. Lawrence coastlines of Québec and Labrador, together with the eastern coast of the Labrador Peninsula are included. In addition, species known from Anticosti Island, the Magdalen Islands, Sable Island and St. Pierre and Miquelon will be dealt with.

It is not the purpose of this series to provide extensive descriptions of all genera, since this information is now readily available for many of them. More important, we feel, is the necessity of emphasizing the morphological, phenological and ecological features of the eastern Canadian benthic algae, especially where these show marked distinctions from more southerly regions (as largely covered in Taylor's 1957 Flora) or from their counterparts in Europe. Much of the existing treatment of eastern North American algae still depends heavily on European data, and knowledge of our flora considerably lags behind that in Europe; comparisons may frequently be drawn as a matter of convenience rather than on the basis of a thorough understanding. Monographic treatment of most eastern Canadian algae is sadly lacking, and modern studies such as those of Bliding (1963, 1968), Van den Hoek (1963), or Cardinal (1964) for European algae, are far too few. Until such studies are available, our interpretation of eastern Canadian benthic algae will unavoidably depend on European data, whether rightly or wrongly, but we hope that this experience will provide such monographic treatments in the area concerned.

Eastern Canada, generally regarded as transitional between a sub-arctic and boreal flora in the south, and in the extreme north of Labrador as transitional between sub-arctic and arctic, is of considerable phycological significance. The transitions are gradual, and isolated populations of normally more southern species and normally arctic species occur. From a distributional standpoint, sufficient information is available where it should be possible to correlate the geographic distribution of our flora with environmental factors. As a last stage in presentation of this series, a general analysis of the recognisable floristic regions is planned.

The descriptions will provide information on distribution (geographical and bathymetric), morphological variation, life history, phenology and ecology. Pertinent references will be included, although a complete bibliography is beyond the scope of a work of this type. Illustrative material will emphasize morphological variation. With the exception of rare species, detailed distribution will not be given. Wherever necessary reference will be made to pertinent herbarium material, on which distribution will be based, particularly of rare species.

The key which follows the introduction emphasises vegetative rather than reproductive features. This will give the key a wider use.

Historical review

The long history associated with colonisation of eastern Canada, especially

of Newfoundland, provided remarkably few published works describing the marine algae. The earliest significant publications, those of De la Pylaie for Newfoundland (1825, 1829), were among the first for any part of North America, but were soon overshadowed by the broad North American survey of Harvey's *Nereis Boreali-Americana* (1852, 1853, 1858). Records from eastern Canada were included in Harvey's work, although it was essentially not until the time of Bell and MacFarlane (1933a) that a first compilation of marine algae specifically dealing with Atlantic Canada (excluding Newfoundland and Labrador) became available, this followed by Taylor's inclusion of eastern Canadian records in the first edition of his Flora (1937). The efforts of MacFarlane especially were to predominate in the Maritime Provinces for thirty years, and the preliminary checklist of MacFarlane and Milligan (1965) marked the beginning of a phenomenal growth in floristic exploration of eastern Canada. This probably was in large part influenced by Taylor's second edition of his Flora (1957), by Wilce's (1959) pioneering work in Labrador, and by the growing number of phycologists. In the regional treatment that follows the recent growth of phycological work in each will become evident.

In 1968 concentrated efforts by the present authors and their eastern Canadian associates resulted in a considerable interest in the possible production of a regional Flora. Cardinal (1968a) published a detailed compilation of eastern Canadian algae, including all records and pertinent literature available at that time, soon to be followed by the Checklist of Marine Algae of Eastern Canada (South and Cardinal, 1970), regarded as a first step towards production of the Flora.

NEWFOUNDLAND AND LABRADOR

Recent reviews of algal exploration in Newfoundland and Labrador are, for Newfoundland, those of Lee (1968, 1969) and Mathieson *et al.* (1969), and for Labrador, that of Wilce (1959). Taylor (1937, 1957) included most previous records of marine algae from both regions and in 1954 described some aspects of earlier work. Wilce's (1959) studies were initiated under Taylor's influence and were clearly an implementation of Taylor's (1954) feelings:"... we badly need a modern study [of Newfoundland and Labrador], particularly of the northeastern portions." (p. 374). Despite recent endeavours as described here, part of the currently intensifying research interests in marine algae of the Atlantic Provinces as a whole, Taylor's view still holds true to a large extent.

Newfoundland

De la Pylaie's (1825, 1829) original studies on Newfoundland marine algae, the latter book recognised as one of the first floristic algal works for any part of North America (South, 1970a) were followed by a long period of neglect. Hariot's (1889) investigations on Miquelon remained the only publications dealing with algae from the vicinity of Newfoundland until the middle of the present century, when Le Gallo (1947, 1949) made further algal studies on the French Islands. The proximity of the French Islands to Newfoundland (12 miles off the Burin Peninsula) and the similarity of their flora to that of the adjacent mainland necessitates their inclusion in any consideration of Newfoundland marine algae.

The first significant study to include floristic aspects of Newfoundland's marine algae in this century was that of Wilce (1959). Despite the title of Wilce's article, however, his collections from insular Newfoundland were restricted to four localities at the extreme northwest

of the Northern Peninsula. Lee's (1968, 1969) treatments are largely concerned with the Avalon Peninsula in the southeast and Port au Port Bay on the west coast. Mathieson *et al.* (1969) covered much more extensively the west, north and east coasts of insular Newfoundland, but the inaccessible (by road) south coast was not examined.

South (1970b) produced a first checklist of marine algae from Newfoundland, St. Pierre and Miquelon, with subsequent additions by South and Hill (1971), South (1972a), and South and Hooper (1972a). Hill (1970) reported on the distribution of marine algae in Terra Nova National Park, Bonavista Bay, while South and Hill (1970) described in detail the distribution of attached and free-living *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. throughout the island. Other recent remarks on Newfoundland marine algae may be found in South (1969, 1972c) and South *et al.* (1972).

A number of commercially oriented surveys have been conducted in recent years, the results of these contributing little information of floristic significance. *Chondrus crispus* Stackh. has been the subject of most surveys, Lilly (1967, 1968) conducting the most wide-ranging investigation. Newfoundland and Labrador were included in the world-wide survey of seaweed resources publisned by Michanek (1971).

The specialized, although equally important surveys of Adey (1966), who investigated crustose coralline algae in the northwest Atlantic Ocean, have provided some information on hitherto unvisited localities. The earlier and subsequent publications by the same author will be referred to in detail.

In general, earlier studies in Newfoundland indicated a strong bias towards collecting in the warmer months. Year-round collections from a number of seasons are now available (in herb. NFLD) and a much greater coverage of the extensive coastline has been made. Knowledge of subtidal populations remains inadequate except for a few areas, and the south coast and eastern Northern Peninsula still are largely unexplored.

Herbarium material

The largest modern collection of Newfoundland marine algae is housed in the Phycological Herbarium, Memorial University of Newfoundland, St. John's (NFLD). Founded in 1967 and now numbering more than 10,000 specimens, the Phycological Herbarium has issued to date 102 exsiccata in five fascicles (South, 1968-1971; South and Hooper, 1972b) under the designation ALGAE TERRAE NOVAE. The exsiccata has been distributed to most of the major herbaria of the world (South, 1972b).

De la Pylaie's Newfoundland algae are housed in the Muséum d'Histoire Naturelle, Paris (PC). Bory de St. Vincent received material from De la Pylaie, some of it now doubtlessly disseminated in a number of institutions. The earliest known collections from Newfoundland, made by Sir Joseph Banks, are housed in the British Museum (Natural History) (BM) (Lysaght, 1971), although some are of doubtful origin.

Lee (1968) indicated the appearance of at least seven Newfoundland species in the *Phycotheca Boreali-Americana* (Collins, Holden and Setchell, 1895-1919). Melobesioid algae collected by Holden and Howe, A.H. Mackay, and A.C. Waghorne were examined by Foslie (1905; at TRH). As stated by Lee (1968), citations of Newfoundland marine algae in Agardh's *Species Genera et Ordines Algarum* (1848, 1851, 1852, 1863) and Harvey's *Nereis Boreali-Americana* (1852, 1853, 1858) are attributed to the above authors, and also to J.M. Despreaux and Leonarmandi.

Labrador

Beyond any doubt the only significant study of benthic marine algae from the east coast of Labrador is that of Wilce (1959). In particular, Wilce studied the northermost regions of the Labrador Peninsula (north of 56° N), and gave less attention to more southern latitudes; he also examined the flora of Ungava Bay in some detail. The main conclusions from Wilce's important work are necessarily based on observations from these areas.

Wilce (1959) gives a detailed review of previous literature relevant to Labrador and the Arctic. Taylor (1937, 1957) included all records believed authentic for Labrador, relying, in the later publication, on then unpublished work of Wilce (1959). Collections made in the early part of the twentieth century are incorporated in Bell and MacFarlane (1938) and Whelden (1947), although Wilce (1959) regarded many of the latter's records as "doubtful extensions of more southern species..." (p. 7). Some of the very few algae reported from southern Labrador are in Gardner (1937). Previous general reviews of the northeastern Canadian subarctic were those of Børgesen and Jønsson (1905), and Simmons (1905). Recently, collections from southeastern Labrador were reported by South and Hooper (1972a).

In understanding the coastal Labrador algal flora, reference must be made to the detailed investigations of West Greenland by Rosenvinge (1893, 1898 a and b, 1926) and Lund (1933), and of East Greenland by Lund (1959).

Despite Wilce's pioneering work, the Labrador coast remains grossly understudied from a phycological standpoint. Adey's (1966) diving surveys were the first of their kind, and their special objective precluded the making of general collections. Wilce's surveys were based on intertidal and dredging work, the latter permitting inference rather than direct (and more accurate) observations. Although Wilce has yet, regretfully, to publish many of his more critical species (Wilce, *pers. comm.*, and 1960, 1965), his systematic list has added substantially to our knowledge of the benthic marine algal flora of eastern Labrador.

Herbarium material

The collections from the early nineteenth century are located in scattered herbaria, and a detailed description is beyond the scope of the Flora. Wilce's significant collections are housed in his private herbarium at the University of Massachusetts, Amherst (MASS). He deposited collections in a number of other herbaria, especially the herbarium of the University of Michigan (MICH), and also the Cryptogamic Herbarium of the New York Botanical Garden (NY). Despite the statement in Wilce (1959, p. 3) that a set of his Labrador specimens were deposited in the National Museum of Canada (CANA), it has proved impossible to locate them and their apparent absence from the Canadian National collections is regrettable. Some scattered recent collections from Labrador are housed in the Phycological Herbarium, Memorial University of Newfoundland (NFLD.)

NEW BRUNSWICK,
PRINCE EDWARD ISLAND AND NOVA SCOTIA

Algal surveys along the shores of the Maritime Provinces have been carried out for some time. The works of Hay (1886, 1887a, 1887b) and Kemp (1870) are worth noting, since they add to the celebrated publications of Harvey (1852, 1853, 1858). Much of this early material is still valid; however, due to the rather primitive methods employed at the time, the works are far from being complete.

During the first half of the present century, the number of publications

increased, but primitive methods still prevailed and floristic aspects of the various species made up, as in the previous century, a great amount of the published material. Fowler (1901, 1902), Klugh (1916) and Bell (1927) produced good surveys of the Bay of Fundy, whereas Robinson (1903, 1907), Klugh (1921), Fowler (1907), Roscoe (1931), Bell and McFarlane (1933a, 1933b) and MacFarlane and Bell (1934) furnished observations from other regions.

In the period from 1950 to the present day, phycological research has intensified considerably in the Maritime regions; the reason for this trend is largely the realization of the economic potential of seaweeds. Seasonally important works must be mentioned: Stephenson (1954a, 1954b) on Nova Scotia and Prince Edward Island species; Stone *et al.* (1970) and Collinvaux (1966, 1970) on the Bay of Fundy; MacFarlane and Milligan (1965), Newroth (1971 a, b, c 1972) and Newroth and Taylor (1968, 1971) on the concerned area as a whole. These works have greatly increased our knowledge of the distribution of the algae in this region.

The Seaweed Division of the Nova Scotia Research Foundation, until recently directed by Constance I. MacFarlane, has long held an important position in the promotion of the economic development of the seaweed industry in the Maritime Provinces. Largely devoted to studies of *Chondrus crispus*, MacFarlane's work has also contributed much to our general floristic knowledge of the region (MacFarlane 1952, 1956, 1958, 1961, 1964, 1966, 1968); her personal herbarium contains many important specimens. Although not of direct relevance to the present flora, the considerable influence of MacFarlane in stimulating increased phycological activity in eastern Canada should not be overlooked.

Further works on *Chondrus crispus* are those of A.R.A. Taylor (1957, 1959, 1970); Taylor did also contribute several publications of floristical and taxonomical interest (1961, 1965). French (1971) recently produced an appraisal of the Irish Moss industry in Canada.

Most of the recent work comes however from the Atlantic Regional Laboratory of the National Research Council in Halifax; the laboratory's strong activity has been contributing greatly to our knowledge of the algae in the region. Some of the work is floristical in nature (Edelstein and McLachlan, 1966a, 1966b, 1966c, 1967a, 1967b, 1968; Edelstein, Craigie and McLachlan, 1967, 1969; Edelstein, McLachlan and Craigie, 1967; McLachlan and Edelstein, 1971; Edelstein, Chen and McLachlan, 1970a). In addition to their floristic content, the majority of these publications contains some taxonomical, morphological or phenological information of importance.

The Atlantic Regional Laboratory's group has also produced an impressive number of publications of the purely biological type; thus, for the first time in America, the life-cycles of *Bonnemaisonia hamifera* (Chen, Edelstein and McLachlan, 1969, 1970; McLachlan, Chen and Edelstein, 1969), *Porphyra miniata* (Chen *et al.*, 1970), *Gloiosiphonia capillaris* (Edelstein, 1970; Edelstein and McLachlan, 1971), *Ralfsia clavata* (Edelstein, Chen and McLachlan, 1970b), *Microspongium* sp. (McLachlan, Chen and Edelstein, 1971a), *Isthmoplea sphaerophora, Melanosiphon intestinalis, Hecatonema maculans, Elachista lubrica* and *Ralfsia verrucosa* (Edelstein, Chen and McLachlan, 1971) are published. Interesting data have also been found on *Petroderma maculiforme* (Edelstein and McLachlan, 1969), *Melanosiphon intestinalis* (Edelstein, Wynne McLachlan, 1970), *Phaeosaccion collinsii* (McLachlan *et al.*, 1971b), *Mem-*

branoptera alata and *Polysiphonia urceolata* (Edelstein and McLachlan, 1967 c). The presence of unilocular sporangia was discovered in *Ralfsia fungiformis* (Edelstein, Chen and McLachlan, 1968).

The most abundant and representative collections of algae of the Maritime Provinces, nearly 10,000 specimens catalogued and available for loan, are very likely the ones to be kept by the herbarium of the Atlantic Regional Laboratory in Halifax. Most of that material comes however from the coasts of Nova Scotia. The Nova Scotia Museum keeps part of MacFarlane's important collections that can be validly consulted, even if these collections are not yet catalogued. The University of New Brunswick holds the collections of A.R.A. Taylor and his collaborators (UNB), and these collections are presumably mostly representative of New Brunswick and Prince Edward Island coasts. Some material can also be found in the herbarium of the Department of Biology of the Dalhousie University in Halifax (DAL).

QUÉBEC

In Québec, the absence until a few years ago of phycologists deeply involved in marine benthic algal research resulted in little work having been done. Cardinal (1967a,b,c) gives a fairly complete inventory of the species occuring in the Baie des Chaleurs and in the Baie de Gaspé, along with the ecological and phenological characteristics then available, for the midlittoral as well as for the sublittoral zones. Cardinal (1968b) also added a few species the flora of the Gulf of St. Lawrence. Villalard (1966, 1967) carried out some interesting taxonomic and floristic work on the Ulvaceae of the Baie des Chaleurs and the Baie de Gaspé.

The coast of the Island of Anticosti has not been the object of any in-depth research; there are only two known publications on this area: Schmitt (1904) and Adams (1938), which are both far from being exhaustive. The case is the same for the Iles de la Madeleine where what little is known is in a summarizing inventory by Cardinal (1967d). Only the work of Wilce (1959), far from having a wide covering, covers the region of the Gulf's north coast neighboring the border with Labrador.

In the St. Lawrence Estuary, presently the object of intensive research by the GIROQ (*Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec*), has not until now received adequate attention. Kemp (1860) made the first inventory, very good for the time, but quite incomplete; later on Prat (1933) was particularly concerned with zonation in the region of Trois-Pistoles. Gauvreau (1939, 1956) carried out a more voluminous inventory than did her predecessors, but it too needed numerous additions. Cardinal and Villalard (1971) produced a new, relatively complete inventory including the phenological data they had gathered, and Bérard-Theriault and Cardinal (1973) insisted more particularly on some ecological aspects of the distribution of the Fucaceae of the Estuary.

The principal algal collections in Québec are those of Cardinal at Laval University in Québec City (QUC). These include Gauvreau's herbarium. These collections are catalogued and available for loan. The *Service de Biologie* of the *Direction générale des pêches* in Québec City has in hand some of the material collected by Car-

dinal in the Baie des Chaleurs and in the Baie de Gaspé. The Department of Biology of the Laval University has in its collections an herbarium mostly constituted by Cardinal collections in the St. Lawrence Estuary. For those particularly interested with the Ulvaceae, the personal herbarium of Villalard would be of great interest. The National Museum of Canada (CANA) also has some collections made by R.K.S. Lee, A. Cardinal and several other collectors on the coasts of Québec.

KEY TO THE GENERA OF BENTHIC MARINE ALGAE OF EASTERN CANADA[4]

I – CHLOROPHYCEAE

1. Plant body multicellular or coenocytic 2
1. Plant body unicellular 13
    2. Thallus uniseriate or partially biseriate 3
    2. Thallus construction otherwise 18

MULTICELLULAR

3. Plants consisting of erect, uniseriate or biseriate, branched or unbranched filaments, with or without a prostrate system 4
3. Plants lacking a distinct upright system 29

UNISERIATE-BISERIATE

4. Filaments uniseriate, branched or unbranched 5
4. Filaments generally biseriate, unbranched, forming entangled masses in lagoons, often above high tide level ..... *PERCURSARIA*
5. Erect filaments generally unbranched, with transverse walls 6
5. Erect filaments branched, with or without transverse walls 39
    6. Thallus macroscopic 7
    6. Thallus microscopic, of crowded filaments forming a basal parenchyma; filaments usually terminating in multicellular hairs; occuring rarely on pebbles, mostly in shells and wood ..... *PILINIA* (in part)
7. Filaments unbranched, cylindrical, cells uninucleate with a plate-like or transverse band chloroplast 8
7. Filaments unbranched, cells multinucleate, usually with a reticulate or fragmented chloroplast 10
    8. Cells with a plate-like, lateral chloroplast containing a single pyrenoid and extending no more than halfway around the cell; zoospores formed singly; in salt marshes and estuaries ..... *STICHOCOCCUS*
    8. Cells otherwise 9
9. Chloroplast a parietal band almost encircling the cell; cells much shorter than broad; filaments long, entangled; zoospores numerous, in intercalarly, or terminal cells ..... *ULOTHRIX*
9. Chloroplast a parietal plate; cells cylindrical, filaments short, markedly tapered towards the base, somewhat recurved; zoospores numerous, in terminal cells ..... *URONEMA*
    10. Filaments basally attached 11
    10. Filaments free, or attached by lateral holdfasts 12
11. Cells very large, walls thick; not adhering easily to paper ..... *CHAETOMORPHA* (in part)
11. Cells moderate to very large; soft, slippery walls; adhering readily to paper ..... *UROSPORA*
    12. Filaments coarse, regular, not collapsing on removal from water; basal cell longer than cells in upper part of filament, which is unbranched ..... *CHAETOMORPHA* (in part)
    12. Filaments slender and irregular, often entangled, basal cell indistinct or absent; unbranched or sparingly branched with a few tapering, rhizoidal branches ..... *RHIZOCLONIUM* (in part)

[4] *The key has* been prepared under the responsability of G. R. South.

UNICELLULAR

13. Plants growing superficially on rocks or other substrate, frequently densely crowded and forming mat-like growths; cells tapering from a basal stalk and ovoid to clavate in shape ..... *CODIOLUM* (in part)
13. Plants growing on or in various substrata; not as above 14
14. Cells epiphytic, solitary, stipitate or scarcely so, with a bell-shaped chloroplast and a single pyrenoid ..... *CHARACIUM*
14. Cells endophytic or endozoic; chloroplast otherwise 15
15. In other algae, ovoid to clavate in shape ..... *CODIOLUM* (in part)
15. Endophytic or endozoic, cells frequently large with irregularly thickened walls 16
16. Endophytic, cells large with irregularly thickened walls, oval or spherical ..... *CHLOROCHYTRIUM*
16. Endozoic 17
17. In the shells of various molluscs; cells as thick-walled sporangia, with projections reaching towards the outer surface of the substrate ..... *GOMONTIA*
17. In the living tissues of the Giant Scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), or mussels, forming encysted colonies in the mantle or other organs ..... *COCCOMYXA*
18. Plant body a gelatinous mass containing subspherical cells multiplying by irregular cell division; reproducing by biflagellate zoospores; occurring at high tide level ..... *GLOEOCYSTIS*
18. Plant body otherwise 19
19. Thallus cylindrical, tubular, branched or unbranched 20
19. Thallus markedly flattened 24

CYLINDRICAL-TUBULAR

20. Thallus cylindrical, tubular, usually branched 23
20. Thallus cylindrical, tubular, usually unbranched 21
21. Base of plant creeping to form a polystromatic system giving rise to erect, hollow, or compressed axes ..... *BLIDINGIA* (in part)
21. Base of plant not polystromatic or forming a cushion-like base 22
22. Plant body tubular, gelatinous, brownish, with cells in twos and fours in long series, easily separated under pressure ..... *CAPSOSIPHON*
22. Plant body tubular, not gelatinous or brownish; cells closely placed, not easily separated under pressure; hollow, slender or inflated, often flattened at the apex ..... *ENTEROMORPHA* (in part
23. Plants only sparingly branched, tubular, gregarious, with a parenchymatous, polystromatic base ..... *BLIDINGIA* (in part)
23. Plants sparingly to frequently alternately branched; branches tubular or uniseriate; plant body tubular except near the base, sometimes flattened distally; plants not arising from a parenchymatous, polystromatic base ..... *ENTEROMORPHA* (in part)

BLADED

24. Thallus monostromatic 25
24. Thallus distromatic ..... *ULVA*
25. Plant body usually flat and undivided, sometimes large and expanded; cells arranged in groups of fours or multiples of four; on rocks, often well above high tide level and frequently associated with seabird colonies ..... *PRASIOLA*
25. Thallus usually saccate when young and expanded or split when mature; cells not in regular groupings; usually intertidal or subtidal, not necessarily associated with sea-bird colonies 26
26. Cells lacking pyrenoids ..... *KORNMANNIA*
26. Cells with one or more pyrenoids 27
27. Plants large, firm, dark-green and turning brown on drying ..... *ULVARIA obscura* var *blyttii*
27. Plants delicate, light green, sometimes persistently saccate, not usually turning brown on drying 28
28. Plants reproducing only by biflagellate neutral swarmers ..... *ULVARIA*
28. Plants reproducing sexually ..... *MONOSTROMA*

PROSTRATE

29. Filaments laterally united, the plant body disciform or spreading 30

29. Filaments free, creeping superficially on various substrata, or in mollusc shells, wood or the chitin of sertularians 33
  30. Forming an irregular, loosely organized crust, on pebbles or woodwork; subparenchymatous in structure ..... *PSEUDENDOCLONIUM*
  30. Forming a definite disc 31
31. Hairs more or less abundant; occuring chiefly as an epiphyte on marine algae or aquatic phanerogams ..... *OCHLOCHAETE*
31. Hairs generally absent 32
  32. Discs epiphytic, central cells enlarging to form sporangia ..... *PRINGSHEIMIELLA*
  32. Discs epiphytic, forming sporangia from peripheral cells ..... *PSEUDOPRINGSHEIMIA*
33. Hairs present 34
33. Hairs absent 36
  34. Hairs formed from ordinary vegetative cells 35
  34. Robust hairs arising from bulb-shaped cells; on and in the tissues of various other algae; reproducing by quadriflagellate zoospores ..... *BOLBOCOLEON*
35. Delicate hairs from the ends of upright vegetative cells; sporangia terminate upright branches; in the tissues of *Chorda*, *Fucus* and some other algae ..... *ACROCHAETE*
35. Long, straight hairs arising from prostrate vegetative cells with no constriction between the hair and supporting cell; sporangia formed from enlarged vegetative cells; endophytic in or on the cell walls of a variety of algae ..... *ECTOCHAETE*
  36. Filaments aseptate, contorted, often locally inflated; in shells ..... *OSTREOBIUM*
  36. Filaments septate 37
37. In the chitin of sertularians, disc-like, with the central regions pseudoparenchymatous .... *ENTOCLADIA*
37. In shells or wood, or the cell walls of various algae, or *Zostera*; of creeping, branched filaments, irregular or regular, not conspicuously pseudoparenchymatous 38
  38. In shells or wood; of creeping, branched filaments, irregular or regular. *EUGOMONTIA*
  38. In dead or dying *Zostera* leaves, on various algae; of creeping, branched filaments, usually regular ..... *EPICLADIA*

FILAMENTOUS-BRANCHED

39. Filaments coenocytic, tubular, without transverse walls; branching profuse with radially, bilaterally or pinnately arranged determinate branchlets arising from erect, indeterminate axes ..... *BRYOPSIS*
39. Filaments otherwise, not coenocytic 40
  40. Branching sparse, restricted to tapering, rhizoidal structures .... *RHIZOCLONIUM* (in part)
  40. Branching frequent 41
41. Plant body microscopic; of crowded filaments, forming a basal parenchyma; filaments usually terminating in multicellular hairs; occurring rarely on pebbles, mostly in shells and woodwork ..... *PILINIA* (in part)
41. Plant body macroscopic; basal parenchyma absent, multicellular hairs lacking, attached to rocks, pebbles, other plants, or free-floating 42
  42. Branches free, often to several orders; plants attached by basal rhizoids or free-floating ..... *CLADOPHORA*
  42. Branches twisted and united into rope-like strands in the lower parts of the plant by downward-growing cellular rhizoids or special hooked branchlets 43
43. Spiny or hooked branchlets present ..... *ACROSIPHONIA* (in part)
43. Spiny or hooked branchlets absent 44
  44. Filaments less than 40 μ in diameter ..... *SPONGOMORPHA*
  44. Filaments 60 – 500 μ in diameter ..... *ACROSIPHONIA* (in part)

II – PHAEOPHYCEAE

1. Thallus not obviously filamentous 2
1. Thallus obviously filamentous, sometimes with cortication of major branches and sometimes with a pseudoparenchymatous base 40

NON FILAMENTOUS

2. Thallus forming a spreading encrusting layer 10
2. Thallus not forming a spreading encrusting layer 3

CYLINDRICAL

3. Thallus cylindrical throughout, or slightly flattened 4
3. Thallus not cylindrical throughout 13
4. Thallus unbranched 5
4. Thallus branched 29
5. Thallus tubular, sometimes constricted at intervals 6
5. Thallus usually entirely solid, not constricted at intervals 38

TUBULAR

6. Thallus up to 7.0m long, solid below, hollow above with cross partitioning into chambers; unilocular sporangia and paraphyses covering all but the most basal parts when mature; golden-brown assimilatory hairs sometimes covering the thallus ..... *CHORDA*
6. Thallus usually less than 50cm long, solid or filiform below; hollow above, lacking cross-partitioning into chambers; sporangia in large patches or scattered; golden-brown assimilatory hairs lacking 7
7. Thallus usually constricted at intervals; plurilocular sporangia and hairs scattered; unilocular sporangia absent ..... *SCYTOSIPHON* (in part)
7. Thallus not constricted at intervals; plurilocular and unilocular sporangia present (on the same or separate plants), scattered or in groups; hairs present or absent 8
8. True hairs absent, plurilocular sporangiate and unilocular sporangiate plants distinct, the sporangia in compact rows with a lack of distinctive unicellular paraphyses ..... *MELANOSIPHON*
8. True hairs present, plurilocular and unilocular sporangia may occur on same plant; sporangia in clusters or scattered, distinctive paraphyses usually present 9
9. Plants dark-flecked by groups of sporangia and hairs; both unilocular and plurilocular sporangia may occur at the same plant; utricle-like paraphyses absent; plants coriaceous ..... *ASPEROCOCCUS* (in part)
9. Sporangia in patches, unilocular and plurilocular sporangia occurring on separate plants; outermost cells of cortex extremely large (utricle-like) relative to sub-cortical cells, and larger than the unilocular and plurilocular sporangia; plants soft in texture ..... *DELAMAREA*
10. Encrusting, with unilocular sporangia as transformed surface cells; filaments usually separating easily under pressure 11
10. Encrusting, robust with unilocular sporangia lateral to paraphyses, and in sori; filaments not separating easily under pressure ..... *RALFSIA*
11. Chloroplasts single in each cell; unilocular sporangia elliptical to elongate 12
11. Chloroplasts several in each cell; unilocular sporangia oval to globose ..... *PSEUDOLITHODERMA*
12. Epilithic or epizoic; vertical filaments of 10 or more cells when mature; several successive series of unilocular sporangia developing ..... *PETRODERMA*
12. Generally epiphytic; vertical filaments of 5-7 cells at maturity, terminal unilocular sporangia large, pyriform ..... *SORAPION*

GLOBOSE OR FLATTENED

13. Thallus globose, composed of branched filaments with progressively smaller cells to the surface ..... *LEATHESIA*
13. Thallus entirely flattened, or at least partly so 14
14. Entire thallus, except holdfast, dichotomously branched 15
14. Thallus, if branched, not dichotomous throughout 16
15. Branches strap-shaped, at least above, and with a thickened midrib ..... *FUCUS*
15. Branches at most compressed, not differentiated into midrib and blade ..... *ASCOPHYLLUM*
16. Thallus unbranched, of a single blade 17
16. Thallus branched, with few to many leaf or ribbon-like blades 28
17. Attachment by a holdfast, with root-like haptera 18
17. Attachment lacking root-like haptera, usually discoid 21
18. Blade large, bullate, with a midrib and numerous perforations ..... *AGARUM*

18. Blade large and, if bullate, lacking perforations 19
19. Blade narrow, with a midrib; sporophylls when present between the holdfast and blade ..... *ALARIA*
19. Blade usually broad, sometimes dissected, lacking a midrib or sporophylls 20
20. Stipe rounded, solid or hollow ..... *LAMINARIA* (in part)
20. Stipe flattened, tapering from the base of the blade; blade bearing tufts of hairs on the surface ..... *SACCORHIZA*
21. Blades thick, large, with a spreading disc-like holdfast and a stipe up to 1m long when mature ..... *LAMINARIA* (in part)
21. Blades thin, membranous, with small disc-like holdfasts 22
22. Blade a markedly flattened sac, sometimes rupturing to form a membranous blade 23
22. Blade solid 26
23. Frond saccate, umbilicate and rupturing when mature to form a membrane 1-2 cells thick and up to 22 cm broad; a deep water form ..... *OMPHALOPHYLLUM*
23. Frond remaining as a flattened sac at maturity; usually intertidal or in the upper subtidal 24
24. Thallus surface dark-flecked by groups of sporangia and hairs ..... *ASPEROCOCCUS* (in part)
24. Thallus surface not dark-flecked by groups of sporangia and hairs; plurilocular sporangia and hairs scattered 25
25. Thallus narrow, becoming tubular and constricted at intervals; filiform in the basal region; unilocular sporangia absent ..... *SCYTOSIPHON* (in part)
25. Thallus broad, not constricted at intervals or filiform in the basal region; unilocular and plurilocular sporangia known ..... *COILODESME*
26. Thallus of several cell layers (more than seven), with considerable differences in size between the surface and medullary cells; cells containing a single chloroplast ..... *PETALONIA*
26. Thallus of 4-7 cell layers, with little differentiation; cells containing several chloroplasts 27
27. Thallus filiform below, usually linear-lanceolate above; hair-fringed when mature ..... *DESMOTRICHUM*
27. Thallus usually short-stalked, base of blade frequently assymetrical, lacking noticeable marginal hairs ..... *PUNCTARIA*
28. Plants sparingly branched, branches narrow, scarcely flattened, smooth, simple, often incurved and becoming hollow, in tide pools or shallow water ..... *DICTYOSIPHON* (in part)
28. Plants profusely, alternately branched, the branches coarse, narrow, flattened, with spinuliform margins; frequently bearing tufts of branched filaments; in the sublittoral zone ..... *DESMARESTIA* (in part)

TERETE BRANCHED

29. Plants uniaxial, corticated, growth at least in young tips trichothallic 30
29. Plants parenchymatous, multiaxial, or tending towards parenchymatous development; if uniaxial, lacking trichothallic growth 31
30. Branching opposite throughout ..... *DESMARESTIA* (in part)
30. Branching radial, alternate, occasionally pseudodichotomous ..... *ACROTHRIX*
31. Plants with a somewhat indistinct apical cell, or an apical filament 32
31. Plants lacking an apical cell or filament 34
32. Thallus developing from an indistinct apical cell; branches numerous or irregular, possibly becoming hollow in part ..... *DICTYOSIPHON* (in part)
32. Thallus usually terminated by a uniseriate filament 33
33. Development from a primary axial filament terminated by a large sub-spherical cell; plants very slippery and much branched ..... *SPHAEROTRICHIA*
33. Thallus usually terminated by a uniseriate filament, lacking a terminal sub-spherical cell; branches few to many, frequently opposite ..... *STICTYOSIPHON* (in part)
34. Thallus loosely constructed, gelatinous, multiaxial, with irregular branching 35
34. Thallus otherwise 36
35. Thallus coarse, usually more than 5mm in diameter; branches well developed, subsimple; medullary filaments readily separating under pressure ..... *EUDESME*

35. Thallus slender, less than 5mm in diameter; simple or with short, contorted, irregular branchlets; medulla pseudoparenchymatous, filaments not readily separating under pressure. ..... *CLADOSIPHON* (in part)
  36. Plants erect or entangled, often free-floating; persistent axes lacking; laterals bear clumps of branched filaments; unilocular and plurilocular sporangia borne at the bases of filament clumps ..... *STILOPHORA*
  36. Plants with a persistent main axis; branching sparse or frequent; sporangia not borne at the bases of filament clumps 37
37. Plants often large, robust, branches usually spreading, the uppermost exceeding the primary axis in length; colourless hairs with basal growth abundant, lacking a very elongate basal cell; unilocular sporangia pyriform or long-oval ..... *CHORDARIA*
37. Plants with a persistent main axis, branches irregular, not spreading; colourless hairs abundant, with a characteristically greatly elongated basal cell; plurilocular sporangia globular, pluriseriate ..... *HALONEMA*
  38. Thallus gelatinous, multiaxial ..... *CLADOSIPHON* (in part)
  38. Thallus construction otherwise 39
39. Erect plants with occasional simple branches, developing from a rhizoidal base; unilocular sporangia partly immersed at the surface, scattered or clustered ..... *STICTYOSIPHON* (in part)
39. Plants gregarious, from a basal disc, becoming cylindrical and occacionally partially hollow later; unilocular sporangia scattered, on the upright or basal system ..... *LITOSIPHON* (in part)

FILAMENTOUS

  40. Plants predominantly erect, with branched or unbranched axes 41
  40. Plants entirely prostrate, or with a spreading or cushion-like basal system predominating, giving rise to small and/or few uprights 57

ERECT

41. Plants becoming polysiphonous, corticated or pseudoparenchymatous 42
41. Plants entirely uniseriate or only rarely slightly polysiphonous, or corticated; branched or unbranched 48
  42. Growth apical, from an enlarged, conspicuous apical cell; axes branched, polysiphonous, arising from a stoloniferous base 43
  42. Growth otherwise, a conspicuous apical cell absent 44
43. Plants 0.5-8 cm tall, with or without a distinctive heavier axis; forming tufts, spreading mats or plumose uprights; triradiate propagula frequent; sporangia scattered ..... *SPHACELARIA*
43. Plants bushy, up to 15 cm tall, branches densely clustered and branchlets several times divided; sporangia clustered in the branch axis ..... *HALOPTERIS*
  44. Plants polysiphonous below, filamentous above, attached by rhizoids; growth conspicuously trichothallic; reproduction by large uni-or quadri-nucleate monosphores, with tubular plurilocular sporangia; cells with small disc-like chloroplasts 45
  44. Plants otherwise 46
45. Branching radial; plants either with lateral quadri-nucleate monosporangia only, or with both uni-nucleate monosporangia (oogonia?) and tubular plurilocular sporangia (gametangia?) ..... *HAPLOSPORA*
45. Branching bilaterally pinnate; uni-nucleate monosporangia present, occurring in series of 2-8; tubular plurilocular sporangia known, in monosporangiate plants ..... *TILOPTERIS*
  46. Thallus densely branched, uniseriate or pluriseriate above, attached by a basal disc; unilocular sporangia globose, lateral to vegetative cells, single or paired colourless hairs absent ..... *ISTHMOPLEA*
  46. Thallus unbranched, or with short radial branchlets 47
47. Thallus uniseriate below, attached by creeping rhizoids, becoming parenchymatous above, with short radial branchlets; colourless hairs usually present ..... *MYRIOTRICHIA*
47. Plants gregarious, from a basal disc; uprights simple; becoming cylindrical and occasionally partially hollow ..... *LITOSIPHON* (in part)
  48. Chloroplasts few, band-shaped or subdivided, with several pyrenoids, or in rather regular plates, containing 1-3 pyrenoids 49

48. Chloroplasts numerous, discoid, or elongate, each with a pyrenoid 52
49. Erect filaments unbranched, tufted, the base consisting of interwoven filaments; cells with several irregular disc-like chloroplasts; plurilocular sporangia forming densely packed clusters at intervals; on the leaves of *Zostera* ..... *HALOTHRIX* (in part)
49. Erect filaments branched 50
50. True hairs present; forming a felt up to 1 mm high on various algae, with simple or branched upright filaments arising from a creeping base; cells with one or two parietal chloroplasts, each with a pyrenoid; plurilocular sporangia lateral or terminal on erect filaments or on the prostrate base ..... *PROTECTOCARPUS*
50. True hairs absent, plants not usually forming a felt 51
51. Plants densely entangled in rope-like strands; 2 – 20 cm high; recurved branchlets present; chloroplasts few, 1 – 3, subdivided, with 1 – 2 pyrenoids; epiphytic on coarse algae ..... *SPONGONEMA*
51. Plants generally free, occasionally entangled; recurved branchlets absent; epiphytic or epilithic ..... *ECTOCARPUS*
52. Unilocular and plurilocular sporangia intercalary ..... *PILAYELLA*
52. Unilocular and plurilocular sporangia lateral or terminal, or in dense clusters at the bases of branchlets or hairs 53
53. Plurilocular sporangia only, in clusters near the bases of branchlets, branches or hairs; plants tufted, to 20 cm tall, growing on coarser algae ..... *SOROCARPUS*
53. Unilocular and plurilocular sporangia lateral or terminal 54
54. Base of plant endophytic, penetrating; growth intercalary, filaments up to 1 cm tall; on *Desmarestia* ..... *HERPONEMA*
54. Base of plant not endophytic 55
55. One or several intercalary meristems clearly evident; plurilocular sporangia generally stalked (sometimes sessile in *Acinetospora*) 56
55. Meristematic zones less clearly delimited (except in *Giffordia intermedia*); plurilocular sporangia generally sessile ..... *GIFFORDIA*
56. A single meristematic zone present, above which lateral branches are absent ..... *FELDMANNIA*
56. One or several meristematic zones present, above which branchlets may occur ..... *ACINETOSPORA*

PROSTRATE

57. Plants minute, almost entirely prostrate, endophytic; usually lacking erect filaments 58
57. Erect filaments usually present; plants endo- or epiphytic 60
58. Sporangia differing little from vegetative cells; filaments free, or united into a loose pseudoparenchyma ..... *MIKROSYPHAR*
58. Unilocular and plurilocular sporangia morphologically distinct from vegetative cells 59
59. Endozoic in bryozoans, the plurilocular sporangia as irregular knot-like clusters, up to 50 μ in diameter ..... *ENDODICTYON*
59. Endo- or epiphytic on a variety of hosts, creeping; irregularly branched filaments not becoming pseudoparenchymatous; erect filaments similar to prostrate, short or even absent; plurilocular sporangia erect, uni- or pluriseriate ..... *STREBLONEMA*
60. Plants possessing a conspicuous basal cushion or disc with simple or branched erect filaments 61
60. Basal system of irregularly branched filaments, not forming a cushion or disc; erect, simple or branched filaments present 69
61. Basal attachment a penetrating or superficial cushion; densely or sparsely tufted upright filaments present 62
61. Basal attachment a spreading mono- or distromatic disc, with upright filaments as colourless hairs and short filaments of limited growth 65
62. Plants tufted, brush-like; a basal cushion of densely matted colourless, penetrating filaments; erect filaments of 2 types, with long, uniseriate assimilators, and short, moniliform. fertile filaments borne at the bases of the assimilators ..... *ELACHISTA*
62. Basal system of densely clustered or more spreading rhizoidal filaments; uprights branched, scarcely polysiphonous or considerably so; sporangia frequently borne on bases of assimilators or in long series above 63

63. Erect filaments uniseriate below, pluriseriate above; base of densely clustered rhizoidal filaments; plurilocular sporangia variable, usually borne in clusters at the base, or sessile on the polysiphonous upper regions ..... *GIRAUDIA*
63. Erect filaments uniseriate throughout, only rarely with occasional longitudinal divisions 64
  64. Erect filaments uniseriate, unbranched, tufted; base consisting of interwoven filaments; cells with several irregular disc-like chloroplasts; plurilocular sporangia forming packed clusters at intervals on the erect filaments; on the leaves of Zostera ..... *HALOTHRIX* (in part)
  64. Erect filaments uniseriate, or occasionally with longitudinal divisions, sparsely tufted, occasionally branching below; base of contorted, branched rhizoidal filaments; unilocular sporangia lateral to bases of uprights; plurilocular sporangia on assimilators, single or frequently whorled and cylindrical, extending at right angles to the axes; on coarser algae, especially *Dictyosiphon* ..... *LEPTONEMATELLA*
65. Basal layer entirely distromatic, or partially so, with or without rhizoids 66
65. Basal layer usually monostromatic 67
  66. Basal layer distromatic, occasionally partially monostromatic; upright branches short, unbranched; hairs present, together with conspicuous clavate paraphyses; plurilocular sporangia uniseriate ..... *ASCOCYCLUS*
  66. Basal layer distromatic, occasionally forming rhizoids, hairs present; clavate paraphyses absent, plurilocular sporangia on scattered erect filaments, pluriseriate ..... *HECATONEMA*
67. Plants tufted, 1-3mm high; erect filaments alternately or more rarely oppositely branched; hairs present, terminating or replacing erect axes; plurilocular sporangia uni- or pluriseriate, terminal or lateral, bluntly rounded; on the leaves of *Ruppia, Zostera* ..... *FARLOWIELLA*
67. Plants minute, erect filaments not exceeding 1 mm in height; usually on fronds of coarser algae 68
  68. Erect filaments enclosed in jelly ..... *MICROSPONGIUM*
  68. Erect filaments free ..... *MYRIONEMA* (in part) (also? *ULONEMA*)
69. Plants forming a wide-spreading, filamentous felt on various algae, with simple or branched upright filaments and with superficial development predominating 70
69. Plants not forming a wide-spreading filamentous felt, but as spreading, often deeply penetrating basal filaments, penetrating rhizoids; on *Laminaria* or *Dumontia* 71
  70. Plurilocular sporangia uniseriate, lateral or terminal on erect filaments, or directly from the basal system; plants occurring mainly on *Laminaria*, forming a felt with simple or few-branched uprights arising from spreading endophytic filaments ..... *LAMINARIOCOLAX*
  70. Plurilocular sporangia pluriseriate, lateral or terminal on erect filaments, or from the prostrate base; plants occurring on various algae, forming a felt up to 1 mm high, with simple or branched upright filaments arising from a creeping base ..... *PROTECTOCARPUS*
71. Plants occurring only on *Laminaria*, parasitic with upright branches very reduced, usually simple; plurilocular sporangia uniseriate, as uprights, or pluriseriate, formed from the endophytic filaments ..... *ENTONEMA*
71. Plants occuring only on *Dumontia*, epiphytic, with numerous erect filaments arising from a spreading, pseudoparenchymatous basal system up to a few mm in diameter; penetrating rhizoids present; plurilocular sporangia usually uniseriate or with a few oblique cross-walls ..... *ULONEMA* (in part) (? *MYRIONEMA)*

III – RHODOPHYCEAE

1. Thallus calcified 2
1. Thallus not calcified 11

CALCIFIED

  2. Plants parasitic on *Leptophytum laeve*, composed primarily of conceptacles with small vegetative lobes; colourless ..... *KVALEYA*
  2. Plants free-living, composed of reproductive and vegetative parts; pigmented 3

3. Thallus wholly crustose, slightly or heavily calcified 4
3. Thallus with erect branches arising from a crustose base 10
4. Thallus lightly (if at all) calcified; tetrasporangia cruciately divided, in superficial sori ..... *PEYSSONELIA* (in part)
4. Thallus heavily calcified; tetrasporangia zonately divided, in ± embedded conceptacles 5
5. Thallus epiphytic; hypothallium mostly monostromatic ..... *MELOBESIA*
5. Thallus rarely epiphytic; hypothallium polystromatic 6
6. Surface chalky, perithallium strongly layered; conceptacles with a thin, indistinct roof ..... *LITHOPHYLLUM*
6. Surface not chalky, hard; perithallium not obviously layered 7
7. Surface locally smooth at 5-10 X magnification 8
7. Surface locally uneven with curved, sometimes white-edged rims ..... *PHYMATOLITHON*
8. Plants thin, usually less than 500 μ thick, with no distinct epithallium on fractured surface 9
8. Plants thicker, more than 1mm for plants larger than 2-5 mm diameter; distinct epithallium, usually 20-60 μ thick ..... *CLATHROMORPHUM*
9. Plants overgrowing, to produce a lightly imbricate structure ..... *PHYMATOLITHON*
9. Plants rarely overgrowing ..... *LEPTOPHYTUM*
10. Erect, jointed branches from a spreading crustose base; tetrasporangiate conceptacles usually restricted to the upper margins of the lobes of the intergenicula; branching pinnate ..... *CORALLINA*
10. Erect, non-jointed branches from a spreading crustose base; tetrasporangiate conceptacles usually not restricted to the uprights ..... *LITHOTHAMNIUM*

NOT CALCIFIED

11. Plants parasitic on other algae, colourless or faintly pigmented and usually confined to a specific host 12
11. Plants not parasitic, although sometimes epiphytic; strongly pigmented 15

PARASITIC

12. Thallus forming short fleshy branches, emergent from a penetrating base; parasitic on *Phyllophora* ..... *CERATOCOLAX*
12. Thallus forming cushion-shaped or wart-like growths from a penetrating base; on other hosts 13
13. Thallus parasitic on *Halosaccion* ..... *HALOSACCIOCOLAX*
13. Parasitic on *Polysiphonia* or *Rhodomela* 14
14. Parasitic on *Polysiphonia lanosa* ..... *CHOREOCOLAX*
14. Parasitic on *Rhodomela* ..... *HARVEYELLA*

NON PARASITIC

15. Thallus crustose 16
15. Thallus not crustose 22

CRUSTOSE

16. Plants monostromatic, with irregular cell arrangement 17
16. Plants polystromatic 18
17. Epizoic on *Alcyonidium*, as a disc with irregular margins ..... *ERYTHROPELTIS*
17. Epiphytic on various algae, not usually with irregular margins ..... *ERYTHROCLADIA*
18. Tetrasporangia in nemathecia or conceptacles 19
18. Tetrasporangia either intercalary or lateral to upright branches, or grouped on the upper surface 20
19. Thallus little to much calcified, with more or less scattered rhizoids from a single layered hypothallus; tetrasporangia in nemathecia, cruciately divided ..... *PEYSSONELIA* (in part)
19. Thallus uncalcified, spreading; rhizoids absent; tetrasporangia in conceptacles, very irregularly divided or zonate ..... *HILDENBRANDIA*

20. Tetrasporangia terminal, tetrapartite; curved paraphyses present ..... *RHODOPHYSEMA*
20. Tetrasporangia intercalary or lateral, irregularly tetrapartite or zonate; curved paraphyses absent 21
21. Tetrasporangia intercalary in uprights, irregularly tetrapartite; gland cells absent ..... *PETROCELIS*
21. Tetrasporangia lateral to, or replacing upright branches, zonately divided; gland cells frequent ..... *CRUORIA*

NOT CRUSTOSE

22. Thallus uniseriate just below the apex; sometimes corticated below 23
22. Thallus multiseriate below the apex, frequently organized as a complex multicellular body 40

UNISERIATE ABOVE

22. Filaments unbranched 24
23. Filaments branched 25
24. Filaments remaining uniseriate or nearly so; monosporangia lateral ..... *ERYTHROTRICHIA* (in part)
24. Filaments largely uniseriate, occasionally becoming parenchymatous above; monosporangia as converted thallus cells ..... *BANGIA* (in part)
25. Filaments irregularly uniseriate or pluriseriate, the cells with gelatinous membranes . 26
25. Filaments entirely or irregularly uniseriate, cells lacking gelatinous membranes..... 27
26. Thallus usually irregularly uniseriate, greyish-green; reproduction by transformation of most cells into akinetes, liberated through a lateral pore ..... *ASTEROCYTIS* (in part)
26. Thallus irregularly uniseriate or pluriseriate dull rose-red; cells short with thick gelatinous membranes; reproduction by monospores liberated through dissolution of the cell membranes ..... *GONIOTRICHUM* (in part)
27. Plants microscopic; endozoic or epiphytic; upright filaments sometimes reduced or absent 28
27. Plants barely or readily visible macroscopically; epizoic, epiphytic or epilithic; upright filaments predominant 32
28. Chloroplasts single, or few in each cell 29
28. Chloroplasts numerous, small, peripheral..... *RHODOCHORTON* (in part)
29. Chloroplasts parietal; filaments creeping, tufted or shell boring 30
29. Chloroplasts axile, stellate; filaments tufted, from a single basal cell or disc, or endophytic ..... *KYLINIA* (in part)
30. Chloroplasts of spiral bands; filaments primarily creeping or erect and tufted; growing in sertularians or on other algae ..... *AUDOUINELLA*
30. Chloroplasts of simple or lobed plates; filaments tending to macroscopic, often tufted or minute shell boring forms lacking a free system 31
31. Plants epiphytic, tending to macroscopic, often tufted; base of a single cell or disc-like; epiphytic ..... *ACROCHAETIUM* (in part)
31. Plants minute, filaments shell-boring, or in woodwork; generally lacking a free system; cells irregular and becoming inflated to form monosporangia (conchosporangia) ..... Conchocelis phase of *BANGIA, PORPHYRA*
32. Branching regularly opposite or verticillate; filaments entirely uncorticated ..... *ANTITHAMNION*
32. Branching not regularly opposite or verticillate; filaments often slightly or considerably corticated 33
33. Filaments lacking cortication 34
33. Filaments with a little to considerable rhizoidal cortication, especially at the base 37
34. Filaments frequently terminating in hyaline hairs 35
34. Filaments not terminating in hyaline hairs 38
35. Chloroplasts single or a few in each cell 36
35. Chloroplasts numerous, small, peripheral ..... *RHODOCHORTON* (in part)
36. Chloroplasts axile, stellate; filaments tufted, from a single basal cell or disc, or endophytic; reproduction by monospores, rarely by tetraspores or sexual ..... *KYLINIA* (in part)

36. Chloroplasts of simple or lobed plates; filaments often tufted, from a basal cell or disc; reproduction by monospores, more rarely by bi-tetra- or polyspores, or sexual ..... *ACROCHAETIUM* (in part)

37. Cells globular, individually visible to the naked eye; bases of filaments occasionally corticated by down-growing rhizoids ..... *GRIFFITHSIA* (in part)

37. Cells not globular or individually visible to the naked eye; filaments with little to considerable rhizoidal cortication of main axes ..... *CALLITHAMNION*

38. Cells globular, individually visible to the naked eye; bases of filaments occasionally corticated by down-growing rhizoids ..... *GRIFFITHSIA* (in part)

38. Cells not globular or individually visible to the naked eye; filaments not corticated by down-growing rhizoids 39

39. Filaments irregularly branched, gland cells frequent; cells 1.2-3.5 X as long as broad; plants mostly sterile, reproducing rarely by irregularly tetrapartite tetrasporangia; growing epiphytically or often as spreading, free-floating masses ..... *Trailliella* phase of *BONNEMAISONIA*

39. Filaments irregularly branched, gland cells absent; cells 3-8 X as long as broad; reproduction by tetrahedrally divided tetraspores, or by dioecious sexual plants; growing epiphytically, especially on *Chondrus* and *Phyllophora* ..... *SPERMOTHAMNION*

MULTISERIATE

40. Thallus with cells arranged at least initially in conspicuous transverse series (polysiphonous), lacking a nodal-internodal structure or parenchymatous appearance; polysiphonous structure often obscured by cortication when mature..... *POLYSIPHONIA*

40. Thallus not with cells arranged in conspicuous transverse series (not polysiphonous); sometimes with nodal cortication 41

41. Thallus with main branches terete, sometimes slightly flattened, branched or unbranched 42

41. Thallus not terete, often markedly flattened or foliose 68

THALLUS TERETE

42. Thallus unbranched 43

42. Thallus branched 49

TERETE - UNBRANCHED

43. Thallus irregularly uniseriate or pluriseriate, the cells with gelatinous membranes 44

43. Thallus regularly uniseriate, becoming parenchymatous above, or regularly pluriseriate, or parenchymatous; cells lacking gelatinous membranes 45

44. Thallus irregularly uniseriate, greyish green; reproduction by transformation of most cells into akinetes, liberated through lateral pores ..... *ASTEROCYTIS* (in part)

44. Thallus irregularly uniseriate or pluriseriate, dull rose-red; reproduction by monospores liberated through dissolution of the cell membranes ..... *GONIOTRICHUM* (in part)

45. Thallus hollow, parenchymatous ..... *HALOSACCION* (in part)

45. Thallus solid, partially uniseriate, or entirely pluriseriate or parenchymatous 46

46. Thallus uniseriate in part 47

46. Thallus not uniseriate in part 48

47. Thallus ± microscopic, usually arising from an enlarged basal cell, remaining uniseriate or nearly so; monosporangia lateral ..... *ERYTHROTRICHIA* (in part)

47. Thallus macroscopic, becoming parenchymatous above from a uniseriate base; sporangia as converted thallus cells ..... *BANGIA* (in part)

48. Thallus dull reddish-brown; structure loose with a multiaxial axis giving rise to fasciculate peripheral branchlets, lacking gland cells and with numerous slender unicellular hairs; only sexual plants known..... *NEMALION* (in part)

48. Thallus rose-red to carmine; structure more compact, with interlaced medullary filaments giving rise to fasciculate peripheral branchlets often with gland cells and colorless hairs; tetrasporangia scattered, tetrapartite ..... *PLATOMA*

TERETE - BRANCHED

49. Plants ± dichotomously branched 50

49. Plants not dichotomously branched 54

50. Branches with forcipate tips and with a conspicuous uniseriate axis surrounded by modal bands of cortical cells, or a more or less continuous cortication ..... *CERAMIUM*

50. Branches lacking forcipate tips; cortical bands lacking 51
51. Branches with a single indistinct axial strand, thallus pinkish red, firmly gelatinous, the fasciculate branches terminating in conspicuous colourless cells ..... *SCINAIA*
51. Branches lacking a single indistinct axial strand, thallus not pinkish, not gelatinous but parenchymatous, very firm in texture 52
52. Thallus very wiry in texture; medulla of parallel longitudinal filaments; reproduction only by monospores from swollen nemathecia ..... *AHNFELTIA*
52. Thallus not very wiry in texture; reproduction by tetraspores or cystocarps..... 53
53. Several erect axes borne from a basal disc; tetrasporangia in lateral swollen nemathecia, cruciately divided ..... *POLYIDES*
53. Several erect axes arising from a branching holdfast, tetrasporangia in apical sori, zonately divided ..... *FURCELLARIA*
54. Thallus hollow, at least in part 55
54. Thallus solid throughout 60

THALLUS (PARTLY) HOLLOW

55. Thallus sparingly branched 56
55. Thallus profusely branched 57
56. Cortex pseudoparenchymatous, cells relatively uniform in size; medulla of longitudinal filaments ..... *DUMONTIA* (in part)
56. Cortex of inner enlarged colourless cells and outer, smaller pigmented cells; medulla of longitudinal filaments lacking ..... *HALOSACCION* (in part)
57. Plants gelatinous, repeatedly divided colourless hairs numerous; tetrasporangia occurring as a different, disc-like phase ..... *GLOIOSIPHONIA*
57. Plants not gelatinous or with branches repeatedly divided; tetrasporangia not occurring on a disc-like phase 58
58. Cortex pseudoparenchymatous, cells relatively uniform in size; medulla of longitudinal filaments ..... *DUMONTIA* (in part)
58. Cortex of inner enlarged colourless cells and outer, smaller pigmented cells; medulla of longitudinal filaments lacking 59
59. Thallus simple or, more usually, sparingly to profusely branched, the main axis persistent; branches tapering terminally, often considerably inflated; hollow cavity continuous at branch bases ..... *HALOSACCION* (in part)
59. Thallus with irregularly alternate branches, the main axis not persistent; branches tapering at both ends, usually contracted and closed at the base ..... *LOMENTARIA*

THALLUS SOLID

60. Primary axes profusely clothed with free, monosiphonous, pigmented branched filaments ..... *DASYA*
60. Primary axes not profusely clothed with free, monosiphonous pigmented branched filaments 61
61. Ultimate branches opposite, terminally uniseriate; branching terminally never sparse; trichoblasts lacking ..... *PLUMARIA*
61. Ultimate branches alternate or irregular, or branching sparse; trichoblasts present or absent 62
62. Thallus gelatinous, structure loose, with a multiaxial main axis giving rise to fasciculate peripheral branchlets with numerous slender, unicellular hairs; only sexual plants known ..... *NEMALION* (in part)
62. Thallus not gelatinous, structure more compact; sexual and asexual plants known, though the latter sometimes of a different form *(BONNEMAISONIA)* 63
63. Ultimate branchlets tipped by clusters of branched trichoblasts..... *CHONDRIA*
63. Clusters of branched trichoblasts absent 64
64. Some branches enlarged and hooked; gland cells present ..... *BONNEMAISONIA* (in part)
64. Hooked branches and gland cells absent 65
65. Plants filiform, becoming coarser with age; structurally of an axial cells surrounded by 6 or 7 pericentral cells, later becoming strongly corticated ..... *RHODOMELA*
65. Plants often coarse and much branched; structurally pseudoparenchymatous, with no obvious axial filaments 66

66. Medulla parenchymatous; tetrasporangia tetrapartite ..... *GRACILARIA*
66. Medulla filamentous; tetrasporangia zonately divided 67
67. Plants deep rose-red to pinkish; cystocarps scarcely projecting ..... *AGARDHIELLA*
67. Plants purplish-red or brownish, often bleached yellowish or greenish; cystocarps forming conspicuous nodose swellings on the branches ..... *CYSTOCLONIUM*

THALLUS FLATTENED, OFTEN FOLIOSE

68. Thallus mono- or distromatic; pit connections between cells absent; lacking veins or a midrib 69
68. Thallus polystromatic; pit connections between cells present; with or without veins or midrib 70
69. Thallus saccate at first, later rupturing and becoming expanded, monostromatic; subtidal, epiphytic on *Desmarestia* ..... *PORPHYROPSIS*
69. Thallus not saccate at first, at maturity a mono- or distromatic membrane, attached by a small holdfast; inter-and subtidal on various substrata ..... *PORPHYRA*
70. Thallus a single undivided (sometimes lacerated) blade 71
70. Thallus more or less regularly divided 73
71. Gland cells numerous in surface layers, medulla filamentous; cystocarps scattered, projecting slightly and lacking a pericarp; tetrasporangia absent ..... *TURNERELLA*
71. Gland cells absent; medulla filamentous, with or without stellate cells; cystocarps scattered or marginal; tetrasporangia known 72
72. Thallus expanded, subsimple or broadly lobed, soft-fleshy; medulla of loosely anastomosing filaments and stellate cells ..... *KALLYMENIA*
72. Thallus cuneate below, broadening above, simple or sparingly cleft, membranous to fleshy, short stalked (to 3mm); medulla of densely intermeshed filaments, without stellate cells ..... *DILSEA*
73. Flattened portion of thallus with a midrib or veins or both 74
73. Flattened portion of thallus lacking both midrib and veins 76
74. Plants pinnately lobed when mature, foliose, margins often with proliferous lateral blades; midrib and lateral veins very distinct ..... *PHYCODRYS*
74. Plants alternately or sparingly branched; midrib distinct or obscure, lateral veins minute, obscure or absent 75
75. Plants alternately branched above, margins entire or serrate; midrib distinct, lateral veins minute, sometimes indistinct ..... *MEMBRANOPTERA*
75. Plants sparingly branched, the branches flat, margins serrate; midrib obscure, often lacking, especially above; lateral veins absent ..... *ODONTHALIA*
76. Thallus dichotomously branched, at least distally 77
76. Branching otherwise 84
77. Plants filiform below, growth from a distinct apical cell ..... *PANTONEURA*
77. Plants filiform, or expanding terminally; distinct apical cell lacking 78
78. Branches filiform, not expanding terminally ..... *GYMNOGONGRUS* (in part)
78. Branches expanding at least terminally 79
79. Medulla of large cells 80
79. Medulla filamentous 82
80. Thallus widely expanded, with frequent marginal proliferations ..... *RHODYMENIA*
80. Thallus not widely expanded, marginal proliferations present or absent 81
81. Thallus frequently narrow; the branches expanded terminally; plants occasionally less than 2cm tall; tetrasporangia tetrapartite in chains in nemathecia; sexual structures borne on special lateral leaflets ..... *PHYLLOPHORA*
81. Thallus narrow, the branches not noticeably expanded terminally; tetrasporangia in chains clustered in nemathecia in the terminal portions of the blades; cystocarps immersed in terminal regions ..... *GYMNOGONGRUS* (in part)
82. Surface and margins of blades bearing conspicuous rounded to ligulate papillae ..... *GIGARTINA*
82. Surfaces and margins without papillae 83

83. Lateral branches clearly differentiated from main blade; tetrasporangia scattered, zonately divided ..... *RHODOPHYLLIS*
83. Lateral and main blades comparable; tetrasporangia in compact nemathecia, cruciately divided ..... *CHONDRUS*
84. Terminal branches opposite, narrow, one member of an opposed pair often suppressed below; two branch forms, one pinnate, the other undivided and serrate, alternate regularly from the apex ..... *PTILOTA*
84. Terminal branches alternate, pinnate, subpinnate, or subdichotomous 85
85. Branching alternate, the branches serrate; reproductive organs on minute lateral branchlets, the tetrasporangia tetrahedrally divided ..... *ODONTHALIA* (in part)
85. Branching pinnate, subpinnate or subdichotomous 86
86. Thallus bushy, compressed or almost terete, repeatedly subpinnate, or in part subdichotomous, the segments successively smaller; structure internally of large cells intermixed with branching filaments from a group of apical cells; obliquely tetrapartite tetrasporangia immersed in thickened branch tips ..... *EUTHORA*
86. Thallus narrowly linear to filiform, alternately marginally pinnate or occasionally dichotomous; structure internally of a primary axial filament, from an apical cell; tetrasporangia in upper segments or in subaxilliary lateral branchlets ..... *PANTONEURA* (in part)

Acknowledgments

The support of the National Research Council of Canada is gratefully acknowledged; also the Vice President's Research Fund and general funds of Memorial University of Newfoundland have greatly assisted the first author in this work, while GIROQ (Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec), through the National Research Council of Canada and the Department of Education of Québec, has given considerable assistance to the second author. Of many who have critically reviewed drafts of the key, special thanks are due to Dr. P.S. Dixon, Mrs. L.M. Irvine, Mr. Robert G. Hooper, Dr. J. McLachlan, Dr. Wm. Randolph Taylor, Dr. George Russell. Mr. Alan Whittick and Dr. M.J. Wynne. The section on calcareous Rhodophyceae is based largely on publications by Dr. W.H. Adey. Miss Christine Browne provided invaluable stenographic assistance throughout.

References

ADAMS, J., 1938. Some marine algae from Anticosti Island and Gaspé Peninsula. *Can. Fld Nat.*, 52:10-11.

ADEY, W.H., 1966. Distribution of saxicolous crustose corallines in the Northwestern North Atlantic. *J. Phycol*, 2:49-54.

AGARDH, J.G., 1848. Species, genera et ordines algarum... Vol. I. p. i-viii+1-363. CWK Gleerup, Lund.

AGARDH, J. G., 1851. Species, genera et ordines algarum... vol. 2, Pt. 2, p. 337-700, addenda: p. p. 337-351. CWK Gleerup, Lund.

AGARDH, J.G., 1852. Species, genera et ordines algarum... Vol. 2, Pt. 2, p. 337-700, addenda: p. 701-720. CWK Gleerup, Lund.

AGARDH, J.G., 1863. Species, genera et ordines algarum... Vol. 2, Pt. 3, p. 701-1291. CWK Gleerup, Lund.

BELL, H.P., 1927. Observations on the seasonal disappearance of certain marine algae in the tide pools near the Biological Station, St. Andrew's, N.B. *Trans. Proc. Nova Scotian Inst. Sci.*, 17: 1-5.

BELL, H.P. and C.I. MacFARLANE, 1933a. The marine algae of the Maritime Provinces of Canada. I. List of species with their distribution and prevalence. *Can. J. Res.*, 9:265-279.

BELL, H.P. and C.I. MacFARLANE, 1933b. The marine algae of the Maritime Provinces of Canada. II. A study of their ecology. *Can. J. Res.*, 9:280-293.

BELL, H.P. and C.I. MacFARLANE, 1938. Some marine algae from Labrador, Hudson Bay and Arctic Canada. *Can. Fld Nat.*, 52:9-10.

BÉRARD-THERRIAULT, L. et A. CARDINAL, 1973. Importance de certains facteurs écologiques sur la résistance à la dessication des Fucacées (Phaeophyceae). *Phycologia*, 12:41-52.

BLIDING, C., 1963. A critical survey of European taxa in Ulvales. I. *Capsosiphon, Percursaria, Blidingia, Enteromorpha. Opera bot. Soc. bot. Lund.*, 8:1-160.

BLIDING, C., 1968. A critical survey of European taxa in Ulvales. II. *Ulva, Ulvaria, Monostroma, Kornmannia. Bot. Notiser*, 121:535-629.

BØRGESEN, F. and H. JØNSSON, 1905. The distribution of the marine algae of the Arctic Sea and of the northernmost part of the Atlantic. *In:* Botany of the Faeröes, Part 3, Appendix, p. I-XXVIII. Copenhagen.

CARDINAL, A., 1964. Étude sur les Ectocarpacées de la Manche. *Beih. Nova Hedwigia*, 15:1-86.

CARDINAL, A., 1967a. Inventaire des algues marines benthiques de la baie des Chaleurs et de la baie de Gaspé (Québec). I. Phéophycées. *Naturaliste can.*, 94:233-271.

CARDINAL, A., 1967b. Inventaire des algues marines benthiques de la baie des Chaleurs et de la baie de Gaspé (Québec). II. Chlorophycées. *Naturaliste can.*, 94:447-469.

CARDINAL, A., 1967c. Inventaire des algues marines benthiques de la baie des Chaleurs et de la baie de Gaspé (Québec). III. Rhodophycées. *Naturaliste can.*, 94:735-760.

CARDINAL, A., 1967d. Liste préliminaire des algues marine des Iles-de-la-Madeleine. *Rapp. ann. Stn. Biol. mar., Grande-Rivière*, p. 29-33.

CARDINAL, A., 1968a. Répertoire des algues marines benthiques de l'est du Canada. *Cah. Inf. Stn. Biol. mar. Grande-Rivière*, no 48, 213 p. (Miméographié).

CARDINAL, A., 1968b. Sur quelques algues marines nouvelles pour le golfe Saint-Laurent. *Naturaliste can.*, 95:951-956.

CARDINAL, A. et M. VILLALARD, 1971. Inventaire des algues marines benthiques de l'estuaire du Saint-Laurent (Québec). *Naturaliste can.*, 98:887-904.

CHEN, L.C.-M., T. EDELSTEIN and J. McLACHLAN, 1969. *Bonnemaisonia hamifera* Hariot in nature and in culture. *J. Phycol.*, 5:211-220.

CHEN, L.C.-M., T. EDELSTEIN and J. McLACHLAN, 1970. Vegetative development of the gametophyte of *Bonnemaisonia hamifera* from a filamentous stage. *Can. J. Bot.*, 48:523-525.

CHEN, L.C.-M., T. EDELSTEIN, E. OGATA and J. McLACHLAN, 1970. The life history of *Porphyra miniata. Can. J. Bot.*, 48:385-389.

COLLINS, F.S., I. HOLDEN and W.A. SETCHELL, 1895-1919. Phycotheca Boreali-Americana. Fasc. I-XLVI. *Exsiccata.* Malden, Massachusetts.

COLINVAUX, L.H., 1966. Distribution of marine algae in the Bay of Fundy, New Brunswick, Canada. Proc. Vth. Int. Seaweed Symp., Halifax, 1965, p. 91-98.

COLINVAUX, L.H., 1970. Marine algae from Eastern Canada: a seasonal study in the Bay of Fundy. *Nova Hedwigia*, 19:139-157.

DE LA PYLAIE, A.J.M.B., 1825. Quelques observations sur les productions de l'Ile de Terre-Neuve, et sur quelques algues de la côte de France appartenant au genre Laminaire. *Annl. Sci. nat.*, 4:174-184.

DE LA PYLAIE, A.J.M.B., 1829. Flore de l'Ile de Terre-Neuve et des Iles Saint Pierre et Miclon. Paris, 128 p.

EDELSTEIN, T., 1970. The life history of *Gloiosiphonia capillaris* (Hudson) Carmichael. *Phycologia*, 9:55-59.

EDELSTEIN, T., L. CHEN and J. McLACHLAN, 1968. Sporangia of *Ralfsia fungiformis* (Gunn.) Setchell & Gardner. *J. Phycol.*, 4:157-160.

EDELSTEIN, T., L. CHEN and J. McLACHLAN, 1970a. Investigations on the marine algae of Nova Scotia. VIII. The flora of Digby Neck Peninsula, Bay of Fundy, *Can. J. Bot.*, 48:621-629.

EDELSTEIN, T., CHEN and J. McLACHLAN, 1970b. The life cycle of *Ralfsia clavata* and *R. borneti. Can. J. Bot.*, 48:527-531.

EDELSTEIN, T., L. CHEN and J. McLACHLAN, 1971. On the life histories of some brown algae from Eastern Canada. *Can. J. Bot.*, 49:1247-1251.

EDELSTEIN, T., J.S. CRAIGIE and J. McLACHLAN, 1967. *Alaria grandifolia* J. Agardh from Nova Scotia. *J. Phycol.*, 3:3-6.

EDELSTEIN, T., J.S. CRAIGIE and J. McLACHLAN, 1969. Preliminary survey of the sublittoral flora of Halifax County. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 26:2703-2713.

EDELSTEIN, T. and J. McLACHLAN, 1966a. Species of *Acrochaetium* and *Kylinia* new to North America. *Br. phycol. Bull.*, 3:37-41.

EDELSTEIN, T. and J. McLACHLAN, 1966b. Investigations of the marine algae of Nova Scotia. *Can. J. Bot.*, 44:1035-1055.

EDELSTEIN, T. and J. McLACHLAN, 1966c. Winter observations on species of *Porphyra from Halifax County, Nova Scotia. Proc. Vth. Int. Seaweed Symp., Halifax, 1965*, 117-122.

EDELSTEIN, T. and J. McLACHLAN, 1967a. Investigations of the marine algae of Nova Scotia. III.

Species of Phaeophyceae new or rare to Nova Scotia. *Can. J. Bot.*, 45:203-210.

EDELSTEIN, T. and J. McLACHLAN, 1967b. Investigations of the marine algae of Nova Scotia. IV. Species of Chlorophyceae new or rare to Nova Scotia. *Can. J. Bot.*, 45:211-214.

EDELSTEIN, T and J. McLACHLAN, 1967c. Cystocarps and tetrasporangia on the same thallus in *Membranoptera alata* and *Polysiphonia urceolata*. *Br. phycol. Bull.*, 3:185-187.

EDELSTEIN, T. and J. McLACHLAN, 1968. Investigations of the marine algae of Nova Scotia. V. Additional species new or rare to Nova Scotia. *Can. J. Bot.*, 46:993-1003.

EDELSTEIN, T. and J. McLACHLAN, 1969. *Petroderma maculiforme* on the coast of Nova Scotia. *Can. J. Bot.*, 47:561-563.

EDELSTEIN, T. and J. McLACHLAN, 1971. Further observations on *Gloiosiphonia capillaris* (Hudson) Carmichael in culture. *Phycologia*, 10:215-220.

EDELSTEIN, T., J McLACHLAN and J.S. CRAIGIE, 1967. Investigations of the marine algae of Nova Scotia. II. Species of Rhodophyceae new or rare to Nova Scotia. *Can. J. Bot.*, 45:193-202.

EDELSTEIN, T., M.J. WYNNE and J. McLACHLAN, 1970. *Melanosiphon intestinalis* (Saund.) Wynne, a new record for the Atlantic. *Phycologia*, 9:5-9.

FRENCH, R.A., 1971. The Irish Moss Industry. Can. Dept. Fish. Forestry, Ottawa xi+230 p.

FOSLIE, M., 1905. Remarks on northern Lithothamnia. *Kgl. Norske Videnskab. Selsk. Skr.*, 3:1-138.

FOWLER, J., 1901. A visit to St.Andrews, N.B., with a catalogue of plants collected in its vicinity. *Proc. nat. Hist. Ass., Miramichi*, 1:21-28.

FOWLER, J., 1902. Report on the flora of St. Andrews, N.B. *Contr. Can. Biol.*, 1901-1905, p. 41-48.

FOWLER, J., 1907. Report on the flora of Canso, Nova Scotia. *Contr. Can. Biol.*, 1902-1905, p. 59-70.

GARDNER, G., 1937. Liste annotée des espèces de Ptéridophytes, de Phanérogames et d'algues marines récoltées sur la côte du Labrador, à la baie d'Hudson et dans le Manitoba nord, en 1930 et 1933. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 84:19-51.

GAUVREAU, M., 1939. Les algues marines du Québec. Thèse de Maîtrise, Univ. Montréal 212 p.

GAUVREAU, M., 1956. Les algues marines du Québec. Jardin Botanique de Montréal, Montréal, 147 p.

HARIOT, P., 1889. Liste des algues recueillies à l'île Miquelon par le docteur Delamare. *J. Bot.*, 3:154-157, 181-183, 194-196.

HARVEY, W.H., 1852. Nereis boreali-americana. Part. I. Melanospermae. *Smithson. Contr. Knowl.* 3: 1-150.

HARVEY, W.H., 1853. Nereis boreali-americana. Part II. Rhodospermae. *Smithson. Contr. Knowl.*, 4:1-258.

HARVEY, W.H., 1858. Nereis boreali-americana. Part III. Chlorospermae. *Smithson. Contr. Knowl.*, 10:1-140.

HAY, G.U., 1886. Marine algae of Bay of Fundy. *Bull. nat. Hist. Soc. New Brunswick*, 1:32-33.

HAY, G.U., 1887a. Marine algae of the Maritime Provinces. (With "Introductory list of the marine algae of the Maritime Provinces, with notes" by G.U. Hay and A.H. MacKay). *Bull. nat. Hist. Soc. New Brunswick*, 1:62-68.

HAY, G.U., 1887b. Marine algae of New Brunswick. (With an appendix containing a list of marine algae of the Maritime Provinces of the Dominion of Canada, with notes, by G.U. Hay and A.H. Mackay). *Trans. R. Soc. Can.*, Sec. IV, 5:167-174.

HAY, G.U., and A.H. MacKAY, 1887. Introductory list of the marine algae of the Maritime Provinces, with notes, By G.U. Hay and A. H. MacKay. *Bull. nat. Hist. Soc. New Brunswick*, 1:62-68.

HAY, G. U., and A. H. MacKAY, 1887b. List of the marine algae of the Maritime Provinces, with notes. By G.U. Hay and A.H. MacKay. *Trans. R. Soc. Can.*, Sec. IV, 5:167-174.

HILL, R.D., 1970. Marine algae of Terra Nova National Park, Newfoundland. Tech. Rep. Mar. Sci. Res. Lab., Memorial Univ., No. 3, p. 1-11.

HOEK, C. van den, 1963. Revision of the European species of *Cladophora*. E.J. Brill, Leiden, 248 p.

KEMP, A.F., 1860. A classified list of marine algae from the lower St.Lawrence, with an introduction for amateur collectors. *Can. Nat. and Geol.*, 5:30-42.

KEMP, A.F., 1870. Notice of *Fucus serratus* found in Pictou Harbor. *Can. Nat.*, 5:349-350.

KLUGH, A.B., 1916. The marine algae of the Passamaquoddy region, New Brunswick. *Contr. Can. Biol.*, Suppl. to Vth ann. Rept., p. 79-84, 1 pl.

KLUGH, A.B., 1921. A new genus and three new species of algae from the Miramichi River, New Brunswick. *Contr. Can. Biol.*, 1918-1920:181-183.

LEE, R.K.S., 1968. A collection of marine algae from Newfoundland. 1. Introduction and Phaeophyta. *Naturaliste can.*, 96:957-978.

LEE. R.K.S., 1969. A collection of marine algae from Newfoundland. II. Chlorophyta and Rhodophyta. *Naturaliste can.* 96:123-145.

LE GALLO, C., 1947. Algues marines des Iles Saint-Pierre et Miquelon. *Naturaliste can.*, 74:293-318.

LE GALLO, C., 1949. Esquisse générale de la flore vasculaire des Iles Saint-Pierre et Miquelon, suivie d'un supplément sur les algues marines. *Contr. Inst. bot. Univ. Montréal*, no 65, 84 p. (Suppl.: p. 60-81).

LILLY, G.R., 1967. Some aspects of the ecology of Irish Moss *Chondrus crispus* (L.) Stackh. in Newfoundland waters. B.Sc. (Hons.) thesis, Memorial Univ. of Newfoundland, 80 p.

LILLY, G.R., 1968. Some aspects of the ecology of Irish Moss *Chondrus crispus* (L.) Stackh. in Newfoundland waters. *Tech. Rep. Fish. Res. Bd Can.*, No. 43, 44 p.

LUND, S., 1933. The Godthaab Expedition, 1928. The marine algae *Meddr Grønland*, 82:5-17.

LUND, S., 1959. The marine algae of east Greenland. I. Taxonomical part. *Meddr. Grønland*, 156:1-248.

LYSAGHT, A.M., 1971. Joseph Banks in Newfoundland and Labrador, 1766. Faber and Faber Ltd., London 512 p.

MacFARLANE, C.I., 1952. A survey of certain seaweeds of commercial importance in southeast Nova Scotia. *Can. J. Bot.*, 30:73-87.

MacFARLANE, C.I., 1956. Studies in seaweeds populations of economic importance in the Digby Neck area, Nova Scotia. 2nd Int. Seaweed Symp., Trondheim, 1955, p. 186-191.

MacFARLANE, C.I., 1958. Studies in distribution and prevalence of some Gigartiales in Nova Scotia. Abstr. 3rd int. Seaweed Symp., Galway, 1958, p. 28.

MacFARLANE, C.I., 1961. Some ecological problems encountered in surveys of marine algae in Nova Scotia. *In:* Recent Advances in Botany, Sect. 3. University of Toronto Press, Toronto.

MacFARLANE, C.I., 1964. A comparison of two marine drumlin regions in Nova Scotia. Proc. 4th Int. Seaweed Symp., Biarritz, 1961, p. 240-248.

MacFARLANE, C.I., 1966. Sublittoral surveying for commercial seaweeds in Northumberland Strait. Proc. 5th Int. Seaweed Symp., Halifax, 1965, p. 169-177.

MacFARLANE, C.I., 1968. The cultivation of seaweeds in Japan and its possible application in the Atlantic Provinces of Canada. A report on a visit to Japan in October, 1966. Indus. Dev. Serv., Dept. Fisheries of Canada, Ottawa. March 1968. 96 p., 408 illus.

MacFARLANE, C.I. and H.P. BELL, 1934. Observations on the seasonal changes in the marine algae in the vicinity of Halifax, with particular reference to winter conditions. *Proc. Nova Scotian Inst. Sci.*, 18:134-176.

MacFARLANE, C. I. and G. M. MILLIGAN, 1965. Marine algae of the Maritime Provinces of Canada. A preliminary checklist. Nova Scotia Res. Found., Seaweed Division, Halifax. 24 p. (Mimeographed).

MATHIESON, A.C., C.J. DAWES and H.J. HUMM, 1969. Contributions to the marine algae of Newfoundland. *Rhodora*, 71:110-165.

McLACHLAN, J., L. CHEN and T. EDELSTEIN. 1969. Distribution and life history of *Bonnemaisonia hamifera* Hariot. Proc. 6th int. Seaweed Symp., Santiago de Compostela, 1968. p. 245-249.

McLACHLAN, J., L. CHEN and T. EDELSTEIN 1971a. The life history of *Microspongium* sp. *Phycologia*, 10:83-87.

McLACHLAN, J.L. CHEN, T. EDELSTEIN and J.S. CRAIGIE, 1971b. Observations on *Phaeosaccion collinsii* in culture. *Can. J. Bot.*, 49:563-566.

Mc LACHLAN, J. and T. EDELSTEIN, 1971. Investigations of the marine algae of Nova Scotia. IX. A preliminary survey of the flora of Bras d'Or Lake, Cap Breton Island. *Proc. Nova Scotian Inst. Sci.*, 27:11-22.

MICHANEK, G., 1971. A preliminary apparaisal of seaweed resources of the world. FAO Fish. Circ., No. 128.

NEWROTH, P.R., 1971a. Redescription of five species of *Phyllophora* and an artificial key to the North Atlantic Phyllophoraceae. *Br. phycol. Bull.*, 6:225-230.

NEWROTH, P.R., 1971b. The distribution of *Phyllophora* in the North Atlantic andArctic regions. *Can. J. Bot.*, 49:1017-1024.

NEWROTH, P.R., 1971c. Studies on life histories in the Phyllophoraceae. I. *Phyllophora truncata*

(Rhodophyceae, Gigartinales). *Phycologia*, 10 (4):345-354.

NEWROTH, P.R., 1972. Studies on life histories in the Phyllophoraceae. II. *Phyllophora pseudoceranoides* and notes on *P. crispa* and *P. heredia* (Rhodophyta, Gigartinales). *Phycologia* 11(2):99-107.

NEWROTH, P.R. and A.R.A. TAYLOR, 1968. The distribution of *Ceratoxolax hartzii*. *Br. phycol. Bull.*, 3:543-546.

NEWROTH, P.R. and A.R.A. TAYLOR, 1971. The nomenclature of the North Atlantic species of *Phyllophora* Grevillе. *Phycologia* 10(1):93-97.

PRAT, H., 1933. Les zones de végétation et les faciès de rivages de l'estuaire du Saint-Laurent, au voisinage de Trois-Pistoles. *Naturaliste can.*, 60:96-136.

ROBINSON, C.B., 1903. The distribution of *Fucus serratus* in America. *Torreya*, 3:132-134.

ROBINSON, C.B., 1907. The seaweeds of Canso. Being a contribution to the study of Eastern Nova Scotia algae. *Contr. Can. Biol.*, 1902-1905, p. 71-74.

ROSCOE, M.V., 1931. The algae of St. Paul Island. *Rhodora*, 33:127-131.

ROSENVINGE, L.K., 1893. Grønlands havalger. *Meddr. Grønland.* 3:765-981.

ROSENVINGE, L.K., 1898a. Deuxième Mémoire sur les Algues Marines du Groenland. *Meddr. Grønland*, 20:1-128.

ROSENVINGE, L.K., 1898b. Om Algevegetationen ved Grønlands Kyster. *Meddr. Grønland*, 20:128-243.

ROSENVINGE, L.K., 1926. Marine algae collected by Dr. H.G. Simmons during the 2nd Norwegian Arctic Expedition in 1898-1902. *Norske Vidensk. Akad. i Oslo*, Report of the 2nd Norwegian Arctic Expedition in the "Fram" 1898-1902, 37:1-40.

SCHMITT, J., 1904. Monographie de l'Ile d'Anticosti. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris pour obtenir le grade de Docteur es Sciences naturelles. Ser. A. No. 436. No. d'Ordre 1195. 1-367, 1 map. (Algae: p. 140-145.)

SIMMONS, H.G., 1905. Remarks about the relations of the floras of the northern Atlantic, the Polar Sea, and the Northern Pacific. *Beih. bot. Zbl.*, 19:149-194.

SOUTH, G.R., 1968-1971. ALGAE TERRAE NOVAE. Sets I-IV, Nos. 1-181. *Exsiccata*.

SOUTH, G.R., 1969. A study of *Bolbocoleon piliferum* Pringsh. Proc. 6th Int. Seaweed Symp., Santiago de Compostela, 1968, p. 375-381.

SOUTH, G.R., 1970a. A.J.M. Bachelot de la Pylaie (1786-1865), naturalist, explorer, archaeologist and founder of North American marine botany. *Nfld.Quart.*, 67:14-16.

SOUTH, G.R., 1970b. Checklist of marine algae from Newfoundland, Labrador and the French Islands of St. Pierre and Miquelon. Tech. Rep. Mar. Sci. Res. Lab., Memorial Univ., No. 2, p. 1-20.

SOUTH, G.R., 1972a. Additions to benthic marine algal flora of insular Newfoundland. *Naturaliste can.*, 98:1027-1031.

SOUTH, G.R., 1972b. ALGAE TERRAE NOVAE. A new exsiccata of Newfoundland benthic marine algae. *Taxon* (in press).

SOUTH, G.R., 1972c. On the life history of *Tilopteris mertensii* (Turn. in Sm.) Kütz. Proc. 7th Int. Seaweed Symp., Sapporo, 1971, p. 83-89.

SOUTH, G.R. and A. CARDINAL, 1970. Checklist of marine algae of Eastern Canada. *Can. J. Bot.*, 48:2075-2095.

SOUTH, G.R. and R.D. HILL, 1970. Studies on marine algae of Newfoundland. I. Occurrence and distribution of free-living *Ascophyllum nodosum* in Newfoundland. *Can. J. Bot.*, 48:1697-1701.

SOUTH, G.R. and R.D. HILL, 1971. Studies on marine algae of Newfoundland, II. On the occurrence of *Tilopteris mertensii* (Turn.) Sm. in Newfoundland. *Can. J. Bot.*, 49:211-213.

SOUTH, G.R. and R.G.HOOPER, 1972a. Additions to the benthic marine algal flora of insular Newfoundland, II, with remarks on some species new from Labrador. *Naturaliste can.*, 99 no (4):263-270.

SOUTH, G.R. and R.G. HOOPER, 1972b. ALGAE TERRAE NOVAE. Set. V, Nos. 83-102. *Exsiccata*.

SOUTH, G.R., R.G. HOOPER and L.M. IRVINE, 1972. The life history of *Turnerella pennyi* (Harv.) Schmitz. *Br. phycol. J.* 7:(In press).

STEPHENSON, T.A. and A. STEPHENSON, 1954a. Life between tide-marks in North America. 111A. Nova Scotia and Prince Edward Island: Description of the region. *J. Ecol.*, 42:14-45.

STEPHENSON, T.A. and A. STEPHENSON, 1954b. Life between tide-marks in North America. 111B. Nova Scotia and Prince Edward Island: The

geographical features of the region. *J. Ecol.*, 42:46-70.

STONE, R.A., E.J. HEHRE, J.M. CONWAY and A.C. MATHIESON, 1970. A preliminary checklist of the marine algae of Campobello Island, New Brunswick, Canada. *Rhodora*, 72:313-338.

TAYLOR, A.R.A., 1957. A survey of Irish Moss on Grand Manan in 1955. Fish. Res. Bd of Canada, *Prog. Rep. Atlant. Cst Stans*, No. 67, p. 3-5.

TAYLOR, A.R.A., 1959. Growth of *Chondrus crispus* (L) Stackh. in a submersed population. Proc. IXth Int. bot. Congr., 2:394.

TAYLOR, A.R.A., 1961. Marine algae of Canada's Maritime Provinces. *Br. phycol. Bull.*, 2. (2):104.

TAYLOR, A.R.A., 1965. Variation in the genus *Polysiphonia* Greville. Proc. 5th Int. Seaweed Symp., Halifax, 1965, p. 209-216.

TAYLOR, A.R.A., 1970. Studies of the biology and ecology of *Chondrus crispus* Stackh. (Irish moss) on Prince Edward Island. (Progress Report, 1969) 30 p. Rept. No. 35.

TAYLOR, W.R., 1937. Marine algae of the northeastern coast of North America. Ann Arbor, Michigan, ix + 427 p.

TAYLOR, W. R., 1954. Cryptogamic flora of the Arctic. II. Algae: Non-planktonic. *Bot. Rev.*, 20: 363-399.

TAYLOR, W.R., 1957. Marine algae of the northeastern coast of North America, 2nd ed. *Univ. Mich. Stud. sci. Ser.*, 13, 509 p.

VILLALARD, M., 1966. Les Ulvacées tubuleuses et filamenteuses de la baie des Chaleurs et de la baie de Gaspé (Province de Québec). Mém. de Maîtrise, Univ. Montréal, 59 p., 34 pl.

VILLALARD, M., 1967. Les Ulvacées tubuleuses et filamenteuses de la baie des Chaleurs et de la baie de Gaspé (Québec). *Naturaliste can.*, 94: 359-366.

WHELDEN, R.M., 1947. Algae, p. 13-127 *In:* Polunin, N. (Ed.) Botany of the Canadian eastern Artic, Pt. II. Thallophyta and Bryophyta. *Bull. natn Mus. Can.*, No 97 *(Biol. Ser., No. 26)*, 573 p.

WILCE, R.T.., 1959. The marine algae of the Labrador Peninsula and northwest Newfoundland (ecology and distribution). *Bull. nat. Mus. Can.* No 158.

WILCE, R.T., 1960. Studies in the genus *Laminaria* II. *Laminaria groenlandica* Rosenvinge. *Bot. Notiser*, 113: 203-209.

WILCE, R.T., 1965. Studies in the genus *Laminaria*. III. A revision of the north Atlantic species of the Simplices section of *Laminaria*. *Bot. Gothoburg.*, 3:247-256.

Naturaliste can., 100: 631-634 (1973).

COMMUNICATIONS BRÈVES

CHANGES IN THE SHOOT GROWTH OF *VACCINIUM ANGUSTIFOLIUM* AIT. RESULTING FROM LOOPS AND PLACEMENT IN A RECLINING POSITION

I. V. HALL

Research Station, Canada Department of Agriculture, Kentville, Nova Scotia

and

Nancy L. NICKERSON

Department of Biology, Acadia University, Wolfville, Nova Scotia

The present experiments were designed to test the effect of orientation of the shoots on lateral bud development and growth of the lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.).

Horticulturists have been concerned with the training of fruit trees for many years (Wareing and Nasr, 1958; 1961) but their findings have not been verified for woody shrubs. Phillips (1969) in a recent treatise states that most experiments designed to elucidate the mechanism of apical dominance in plants have been carried out on herbaceous species but that work done on woody plants follows the same pattern. Wareing and Nasr (1961) found that extension growth of horizontally grown trees was markedly less than that of vertical trees. In their studies with lateral shoots oriented in various positions, the apical dominance normally exhibited by the uppermost shoot held only when it occupied a vertical position. They also found a marked tendency for lateral shoots to grow out on the upper side of horizontal and arched plants.

This note reports on the growth of lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) stems following the tying of loops in the upper one-third of new shoot growth and placement of the plant in a horizontal or vertical position.

On 24 January, 1973, 16 plants, each of which had one new shoot at least 30 cm long, were chosen for the first experiment. Using fibre tapes a loop was tied in the upper one-third of the growth in eight plants (Fig. 1A) while the remaining eight were left without a loop. All plants were repotted from a 10 cm to a 15 cm pot and allowed to grow in an upright position in the glasshouse at normal day and night temperatures of approximately 21° and 18°C, respectively. Daylength was extended to 16 hr per day by a string of 60-watt bulbs placed I m above the plants. After 30 days the number and length of new shoots below the position of the loop, in the loop, above the loop and on the side shoots were determined. On 1 February, 1973, this experiment was repeated with plants placed in horizontal instead of upright positions on the glasshouse bench.

Contribution No. 1498

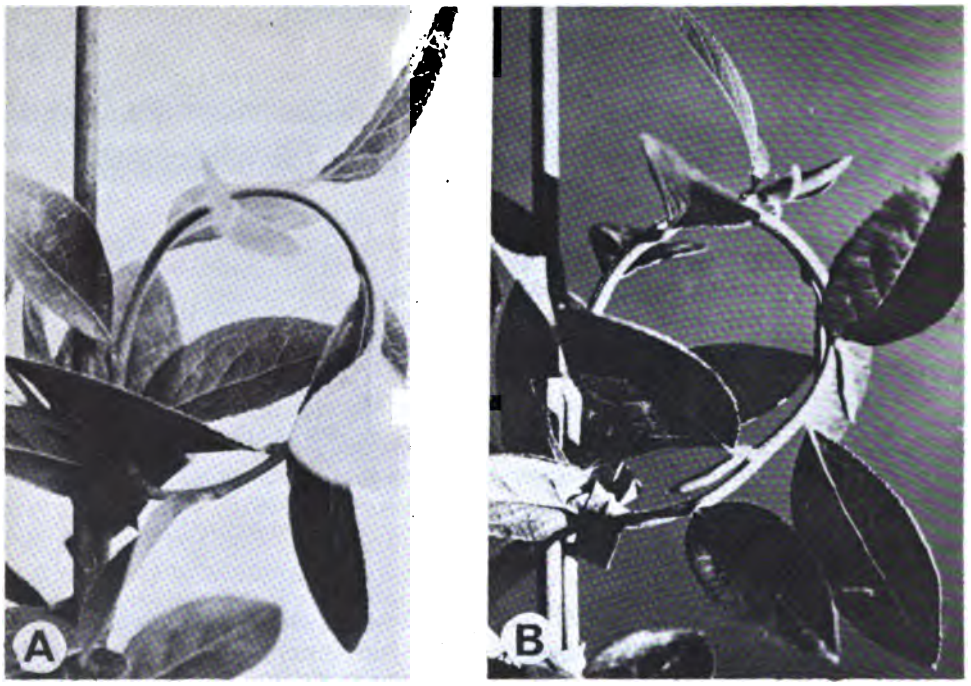


Figure 1. Loops tied in shoot of the lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium*, (A) 2 days after loop was tied, and (B) 14 days after treatment commenced.

TABLE I

Growth of lowbush blueberry stems in looped and non-looped plants[1]

Orientation of plant	*Position on plant*	*No. of new shoots per plant*		*Total length of new shoots (cm)*	
		looped	*non-looped*	*looped*	*non-looped*
Upright	1. Above loop[2]	4.0±0.8	5.9±0.8	23.4±6.4	49.8±6.4
	2. In loop	2.5±0.2	0±0.2	33.6±2.1	0.0±2.1
	3. Below loop	0.5±0.7	2.0±0.7	3.2±6.7	21.0±6.7
	4. Side shoots	7.0±1.6	5.9±1.6	21.2±6.3	24.4±6.3
Reclining	1. Above loop	1.8±0.8	1.6±0.8	7.2±6.4	9.0±6.4
	2. In loop	0±0.2	0±0.2	0.0±2.1	0±2.1
	3. Below loop	2.2±0.7	1.8±0.7	17.1±6.7	17.6±6.7
	4. Side shoots	4.9±1.6	5.1±1.6	12.5±6.3	17.9±6.3

[1]Each value is the mean of 8 replicates ± SE mean.
[2]Measurements were taken in equivalent positions on non-looped plants.

The tying of loops in the shoots of the lowbush blueberry plants placed in a normal upright position had a marked effect on the region of origin of new bud development (Fig. 1B). The number and total length of new shoots in the loop was significantly greater than in the same area of upright plants without a loop. Non-looped plants had slightly more growth above the position of the loop and immediately below the same position. There was relatively little difference at any of the positions in growth between looped and non-looped plants held in a reclining position. Although reclining plants had adequate moisture and the same fertility, they grew less than plants in a vertical position. For these reasons the growth of the lowbush blueberry, a woody shrub, under a gravimetric force, follows very closely the pattern previously found in woody trees.

Recently we have been interested in developing new cultivars of lowbush blueberry from seed (Aalders *et al.*, 1972) and multiplying selections found promising in preliminary trials (Hall *et al.*, 1972). We found that indolebutyric acid would alter apical dominance (Hall *et al.*, 1969) and give vigorous new shoots, but the technique was time-consuming. A simpler method to provide new shoots for cuttings is the tying of loops in the upper one-third of vigorously growing shoots. With reasonable care, loops may be bent without breaking or cutting off the vascular system (Fig. 1B). This study shows that from the quiescent buds in the region of the loop vigorous shoots of lowbush blueberry grow which provide good material for propagation as stem cuttings.

Analysis of phytohormones within the loop might reveal a correlation between hormone concentration and bud outgrowth, thus providing a clue to the nature of the phenomenon.

References

AALDERS, L. E., I. V. HALL and L. P. JACKSON, 1972. Growth of lowbush blueberry seedlings as compared with clonal cuttings. *Can. J. Plant Sci.*, 52: 655-656.

HALL, I. V., L. E. AALDERS and A. D. CROWE, 1969. Apical dominance in the lowbush blueberry altered by indolebutyric acid. *Hort. Sci.*, 4: 27-28.

HALL, I. V., F. R. FORSYTH, L. E. AALDERS and L. P. JACKSON, 1972. Physiology of the lowbush blueberry. *Econ. Bot.*, 26: 68-73.

PHILLIPPS, I. D. J., 1969. Apical dominance, p. 163-202. *In:* M. B. Wilkins (ed.), The physiology of plant growth and development. McGraw-Hill, London.

WAREING, P. F. and T. A. A. NASR, 1958. Gravimorphism in trees. Effects of gravity on growth, apical dominance and flowering in fruit trees. *Nature*, 182: 379-381.

WAREING, P. F. and T. A. A. NASR, 1961. Gravimorphism in trees. I. Effects of gravity on growth and apical dominance in fruit tress. *Ann. Bot.* 25: 321-340.

REVUE DES LIVRES

MILLER, O. K. Jr., 1973. **Mushrooms of North America.** E.P. Dutton & Co. Inc. (Chanticleer Press Edition), New York. 360 p., 106 pl. en couleurs, 108 dessins linéaires. 17 × 25 cm. Relié, $20.50. Distribué au Canada par Clarke, Irwin & Co. Ltd., 791 St. Clair Ave. W., Toronto, Ont.

En Amérique du Nord, il existe déjà un bon nombre d'ouvrages de vulgarisation sur les champignons comestibles et vénéneux et en publier un autre constitue toujours un défi pour un auteur et un éditeur. Or ceux-ci l'ont relevé élégamment en réalisant et présentant au public un très beau livre orné de magnifiques planches en couleurs représentant 293 espèces et de 108 dessins linéaires montrant les traits essentiels des divers groupes de champignons traités dans l'ouvrage. Afin de pouvoir offrir ce volume à un prix relativement peu élevé, les éditeurs ont confié l'impression du texte et la préparation des planches à une maison spécialisée du Japon. Chacun peut apprécier la beauté et la précision de la reproduction en couleurs des photographies et l'effet stéréoscopique remarquable chez beaucoup d'entre elles, même si les teintes s'éloignent un peu de la réalité dans quelques cas. Mais l'on sait trop bien que la reproduction du coloris reste toujours une gageure. Le choix judicieux des photos, dont environ les deux tiers proviennent de l'auteur et le tiers de collègues mycologues (H.E. Bigelow, K. Harrison, R.T. Orr et R. Scates) et des dimensions des illustrations adoptées méritent une mention particulière quand on connaît les difficultés de réunir le matériel nécessaire et d'arrêter le choix des images. La facture de l'ouvrage, comprenant le papier, les caractères, la reliure, la disposition etc., semble au dessus de tout reproche grave, sauf les dessins linéaires assez peu soignés ou mal placés (p. 189). Reste toutefois la taille peu commode de ce livre pour son utilisation dans le champs; mais il faut comprendre que, d'un point de vue pragmatique, les dimensions des planches déterminent le format du livre.

A l'instar de la plupart de ceux qui ont écrit de tels ouvrages de vulgarisation sur les champignons, l'auteur a divisé les espèces traitées selon leurs formes et leur mode de reproduction d'après un procédé didactique qui a fait ses preuves. Ainsi, il les répartit en quatre grandes classes fractionnées en dix-sept groupes plus faciles à distinguer; soit les champignons lamellés, plissés, à pores, à aiguillons, en forme de corail ou de massue, de sphère, d'éponge, de coupe ou de consistance gélatineuse. En guise d'introduction, il a réuni des notions sommaires mais suffisantes pour les amateurs sur la place qu'occupent les champignons dans la nature, la cueillette et l'étude, la nomenclature, les caractères microscopiques, l'époque de leur apparition, la préparation culinaire et enfin sur la toxicité de certaines espèces. A la fin du volume se trouvent quelques recettes culinaires et de conservation ainsi qu'un glossaire, et un court index bibliographique. Dans la partie descriptive, on décèle le souci constant de simplicité et de concision pour faciliter la tâche de l'amateur que l'auteur a fréquenté et dont il a souvent guidé les débuts dans ce domaine. Par des clés aussi simples que possible, fondées sur l'observation des traits visibles à l'œil nu, il dirige les pas de l'usager dans le dédale de la classification mycologique: par ses descriptions succintes, il ne rebute pas le débutant et à l'amateur plus familier il apporte des renseignements plus précis, notamment sur les caractères microscopiques importants et sur certains rapports entre les espèces. Bien sûr, il n'utilise que la nomenclature scientifique, soit les noms latins, car les champignons ont rarement reçu, en anglais, des appellations populaires.

Pour les amateurs de l'est du Canada et ceux du Québec familiers avec l'anglais, ce livre peut devenir une acquisition très utile pour leur bibliothèque en raison surtout de la qualité des illustrations en couleurs.

René POMERLEAU

1395, parc Champoux
Sillery, Québec

GERVAIS, C., 1973. **Contribution à l'étude cytologique et taxonomique des avoines vivaces.** Thèse publiée dans *Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles,* vol. 188. Gebrüder Fretz, Zurich. 166 p., fig., 11 pl., 55 photos. 23 × 31.5 cm. Broché, prix non indiqué.

Ce beau travail s'insère dans une longue tradition de thèses préparées sous la direction de Claude Favarger, éminent professeur de cytotaxonomie à l'Université de Neuchâtel (Suisse). Comme l'écrit son auteur, cette thèse consiste en

une «étude qui n'épuise pas le sujet, puisqu'il s'agit d'une simple contribution, mais qui s'efforce de tirer de la cytologie et de la génétique des données nouvelles, capables d'éclairer l'origine, l'histoire et, de là, la systématique de ce groupe de plantes encore mal connu». Elle traite principalement des avoines vivaces de l'ouest de l'Europe. L'auteur, après avoir documenté les limites des genres *Helictotrichon* et *Avenochloa*, traite systématiquement de neuf espèces du premier genre et de douze espèces du second.

Le traitement de chaque espèce débute par un paragraphe de données générales sur sa répartition et son écologie. Ensuite une grande partie est consacrée aux nombres chromosomiques de cette espèce; s'il y a plusieurs nombres, ceux-ci indiquent des races différentes et un aperçu de la distribution géographique de ces dernières est présenté. Sous chacune des espèces, l'auteur explique en détails précis les résultats de ses études de la mitose, de la méiose et de l'hybridation entre races ou même parfois entre espèces. A ceci s'ajoute une description morphologique souvent basée sur des coupes transversales de feuilles et de racines. L'auteur mentionne aussi, parfois, des «différences physiologiques» entre races chromosomiques, mais il s'agit en réalité de différences phénologiques. Un chapitre par espèce est consacré à la nomenclature et à la synonymie; malheureusement, l'auteur ne suit pas les méthodes conventionnelles puisqu'il n'y a aucune typification selon les règles internationales de nomenclature. Un chapitre sur «les anomalies de la microsporogénèse» et un autre sur «les chromosomes B» font suite au traitement systématique des espèces. Ces deux chapitres documentent de façon détaillée, les diverses anomalies chromosomiques observées par l'auteur chez les avoines. La thèse se termine par un résumé (français et anglais), par une clé de détermination des avoines vivaces d'Europe et des principales espèces nord-africaines et par une série de clés des «taxons infraspécifiques».

La clarté du texte et la bonne qualité de l'édition augmentent encore la valeur de ce beau travail.

Bernard René BAUM

Institut de recherches biosystématiques
Ministère de l'agriculture du Canada
Ottawa, Ontario

CHALINE, J., 1972. **Le Quaternaire. L'histoire humaine dans son environnement.** Doin, Paris. 338 p., 43 tab., 66 fig., 16 pl. h.t. 18.5 × 24.5 cm. Prix non indiqué. Distribué par Somabec Ltée, St-Hyacinthe, Québec.

Avec la tenue du IXe Congrès de l'Association internationale pour l'étude du Quaternaire (INQUA — Nouvelle-Zélande, décembre 1973), de plus en plus de gens prennent conscience de l'importance d'étudier cette brève période géologique. Non seulement est-elle la plus accessible parce que la plus près de nous, mais elle est caractérisée par l'apparition de l'*Homo sapiens* et par plusieurs variations climatiques majeures dans une grande partie de la planète. Il apparaît de plus en plus difficile de comprendre et d'expliquer l'environnement de pays comme le Québec et le Canada sans avoir au préalable étudié le Quaternaire. Toute étude écologique sérieuse et complète conduit nécessairement à une connaissance adéquate du Quaternaire, faute de quoi elle est vouée à l'échec. On commence à le comprendre chez-nous. Le deuxième colloque sur le Quaternaire du Québec (Montréal, 11-14 octobre 1973) en témoigne.

Le bel ouvrage de Chaline constitue une démonstration éloquente de la nécessité d'étudier le milieu pour comprendre l'histoire humaine, en particulier celle de la prériode appelée la préhistoire, au cour de laquelle l'homme a dû plus qu'aujourd'hui lutter contre les contraintes de la nature pour assurer sa survivance. Le livre de Chaline, bien qu'assez schématique et laconique sur plusieurs sujets, permet justement de saisir l'essentiel de ces luttes et de ces efforts et de replacer dans son contexte réel et complexe l'histoire humaine.

L'ouvrage comprend deux parties sensiblement différentes mais complémentaires. Dans la première l'auteur cherche à faire comprendre le milieu naturel dans lequel l'homme a évolué et continue de progresser. Il étudie tour à tour les agents qui ont façonné le milieu, en particulier ceux qui ont joué un rôle prépondérant au cour du paléolithique et du néolithique et les processus qui ont permis la fossilisation et la conservation de vestiges importants des débuts de l'humanité. Il traite successivement des agents d'érosion, des dépôts qui en résultent, des facteurs climatiques et de leurs effets sur le milieu, des facteurs structuraux, des méthodes de la chronologie, de l'évolution biologique de l'homme à partir des primates du Tertiaire, des complexes industriels humains préhistoriques. Dans la seconde partie, il s'applique à reconstituer l'histoire de l'homme préhistorique dans son cadre géographique, géologique, biologique et climatique. Il traite successivement de l'apparition de l'homme au villafranchien, des premières grandes glaciations et des pithécan-

thropes d'Asie et d'Afrique; des anténéandertaliens et de la différentiation écologique de l'homme; des néandertaliens et de l'*Homo sapiens;* puis il termine par quelques pages sur la colonisation du monde par l'homme moderne.

L'ouvrage comprend, en outre, une préface de Mlle Henriette Alimen (une figure bien connue des quaternaristes), un glossaire, un guide bibliographique et un index alphabétique. Il est rédigé dans une langue simple, claire et précise avec de nombreuses subdivisions et une riche illustration qui lui confèrent d'indubitables qualités pédagogiques. L'édition est particulièrement soignée et de haute qualité pour un manuel.

Par sa portée très générale, cet ouvrage risque de ne pas satisfaire le géologue et le géographe quaternaristes; mais il rendra d'utiles services aux naturalistes et sera fort apprécié des professeurs et des étudiants des niveaux du lycée (CEGEP) et du premier cycle universitaire. Par son contenu axé sur la France et l'Europe en général, il est destiné en premier aux Français; mais il présente aussi un intérêt incontestable pour le Nord-américain en particulier pour le Québécois. Les 17 lignes sur les glaciations quaternaires en Amérique du Nord indiquent assez bien qu'il ne faut pas s'attendre à de longues considérations sur ce continent.

Si, en général, on constate une pondération du jugement de l'auteur et une grande probité intellectuelle, on doit déplorer certaines lacunes dans la sûreté de l'information scientifique, du moins dans la première partie consacrée aux agents responsables du façonnement du milieu. Les notions de géologie ne sont pas toujours exactes sans être fausses pour autant. On sent que l'auteur a parfois mal assimilé certaines notions qui lui sont moins familières comme celles du pergélisol et des vallées asymétriques.

Quoiqu'il en soit, la lecture de l'ouvrage de Chaline constitue une initiation valable à l'étude du Quaternaire dans son sens le plus général et le plus global. Tout scientifique cultivé se doit de connaître la 1500è partie de l'odyssée de la Terre. Cet ouvrage lui en fournit l'occasion tout en lui apprenant la multidisciplinarité du Quaternaire que d'aucuns ont tendance à considérer comme une chasse gardée de certains géologues et géographes en raison de leur longue expérience dans le domaine.

Jean-Claude DIONNE

Centre de recherches forestières des Laurentides
Environnement Canada, Québec

COX, A., (éditeur), 1973. **Plate tectonics and geomagnetic reversals.** Freeman, San Francisco. 702 p., 45 tab., 265 fig. 18.5 × 25 cm. Relié-carton, $17.00; broché, $9.95.

Depuis une couple de décennies, la géophysique a fait des pas de géant, d'une part par la mise au point de techniques et d'instruments permettant d'obtenir des données précises en comparaison des estimés plutôt arbitraires d'autrefois, de l'autre par un débloquage au niveau des concepts. Par ailleurs, on a parfois l'impression, à la lecture des travaux consacrés à la dérive des continents et aux renversements des pôles magnétiques, que moult géophysiciens ont suivi un entraînement de première qualité aux grandes écoles du FBI ou de Scotland Yard. Il ne faut certes pas s'en plaindre, surtout quand on émerge d'une période relativement terne durant laquelle une grande partie des efforts a été gaspillée à combattre la théorie de la dérive des continents de Wegener, théorie que les grands de la géophysique moderne ont ressuscitée en y apportant certaines corrections.

Plate tectonics and geomagnetic reversals permet justement de faire le tour de la question en constatant les diverses étapes de l'évolution des idées. Un éditeur qualifié a réuni une quarantaine de textes choisis qu'il a groupé en une dizaine de chapitres. Les principaux sont consacrés à la géométrie de la tectonique des «plaques», aux renversements géomagnétiques, aux séismes à la bordure des plaques; à la seconde génération de plaques tectoniques; au flux de chaleur, à la gravité et au mécanisme de la dérive.

L'ouvrage, d'une très belle qualité d'édition, comprend en outre une bibliographie générale, étoffée, d'une trentaine de pages, un index des auteurs et des sujets (ce dernier étant toutefois un peu maigre), ainsi qu'une dizaine d'introductions, avec orientations bibliographiques. Ces dernières, dues à l'Éditeur, sont en caractères d'imprimerie plus gros et les textes présentés en une seule colonne alors que les autres textes sont en deux colonnes. L'illustration est simple, riche et abondante. Quelques photographies montrant des phénomènes tectoniques récents sont particulièrement éloquentes.

Les textes réunis dans cet ouvrage sont de nature et de qualité variables. Ils ont de 2 à 43 pages; la moitié ayant 10 pages ou moins, 20% ayant moins de 5 pages et 25% plus de 20 pages. Ils datent de 1929 à 1972 et ont été empruntés à divers grands périodiques ou à des ouvrages généraux; 5% seulement sont antérieurs à 1950, contre 90% postérieurs à 1960 et 25% postérieurs à 1970. Il ne s'agit donc pas d'un recueil de vieil-

leries mais plutôt d'un dossier bien étoffé sur les idées les plus progressistes dans le domaine de la géophysique. Parmi les collaborateurs, on trouve plusieurs des plus grands noms tels que ceux de Harry Hess, Tuzo Wilson, David Griggs, William Menard et autres.

Voici un ouvrage d'un grand intérêt pour les spécialistes des sciences de la Terre, un guide précieux pour se documenter sur l'évolution des idées et du savoir du domaine de la géophysique. A la lecture de certains textes, plusieurs se rappelleront les jeux de blocs de leur enfance et constateront, avec regret ou satisfaction, que les grands théoriciens de la géophysique continuent à s'amuser avec le plus grand sérieux faisant mouvoir les blocs de la croûte terrestre avec une habileté surprenante mais hélas! pas toujours convaincante.

Jean-Claude DIONNE

Station de recherches forestières des Laurentides
Environnement Canada, Québec

SPURR, S.H., B.V. BARNES, 1973. **Forest ecology,** 2ième édition. The Ronald Press Company, New York. vi + 571 p., ill. 16 × 23.5 cm. Relié-toile, prix non indiqué.

Considérablement augmentée, cette deuxième édition de *Forest ecology* de Spurr est publiée en collaboration avec le professeur Barnes. Le volume contient 4 parties au lieu de 3 et 19 chapitres fortement augmentés. La nouvelle partie est ajoutée au début du livre. Elle concerne l'arbre forestier, sa variabilité, sa diversité, sa gènécologie. Pour le reste, les subdivisions sont restées les mêmes, à l'exception des chapitres 10 et 16 intitulés désormais: *Le sol, les grands animaux et le feu comme facteurs du site* et *Analyse des écosystèmes forestiers.* Ce dernier chapitre fut complètement modifié. Il traite de l'analyse des systèmes, du développement des modèles, de la productivité et présente quelques exemples de l'analyse des écosystèmes extraits des projets récents entrepris dans le cadre du Programme biologique international. Pour le reste, même si les titres n'ont pas changé, le contenu des chapitres a été grandement amélioré et la liste des références bibliographiques considérablement allongée.

Cette deuxième édition sera utile non seulement aux forestiers mais à tout biologiste intéressé à l'aménagement d'un territoire couvert d'arbres ou qui pourrait l'être.

Miroslav M. GRANDTNER

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

TÜXEN, R., (éditeur), 1972. **Grundfragen und methoden in der Pflanzensoziologie.** Dr. W. Junk, Den Haag. xix + 521 p., 148 fig. 16 × 25 cm. Relié-toile, 100.00 Guilders.

ELLENBERG, H., (éditeur), 1973. **Okosystemforschung.** Springer-Verlag, Berlin. xv + 280 p. 15.5 × 24.5 cm. Broché, US $12.40.

Le traditionnel symposium de l'Association internationale de phytosociologie fut consacré, en 1970, à l'étude des principes et méthodes de la phytosociologie. 76 participants de 13 pays se sont donné rendez-vous à Todenman über Rinteln pour y présenter, au total, 38 communications. Le premier volume en contient les comptes rendus. Les articles suivent l'ordre de présentation des communications au cours des 7 séances du Symposium et portent principalement sur les méthodes, souvent quantitatives, de la détermination, de la classification et de la cartographie des communautés végétales. Plusieur communications portent sur la végétation des forêts, des marais salés et des tourbières. La majorité des textes sont publiés en allemand, plusieurs sont en anglais et 3 en français.

Quant au deuxième volume, il constitue les comptes rendus du Symposium conjoint de la Société botanique allemande et de la Société de botanique appliquée tenu, en 1971, à Innsbruck. Il est divisé en 8 parties axées, principalement, sur l'analyse de la composition et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres. Un essai de classification des écosystèmes basé sur le fonctionnement de ces derniers clôture ce livre entièrement publié en langue allemande.

Miroslav M. GRANDTNER

Département d'écologie et de pédologie
Université Laval, Québec

HOUNAM, D.E., 1973. **Comparison between pan and lake evaporation.** Organisation météorologique mondiale, Genève. Note technique no 126, 52 p., 12 tab., 7 fig. 22 × 28 cm. Broché, prix non indiqué.

Cette note technique décrit très brièvement les principaux types d'évaporomètres utilisés pour estimer l'évaporation des nappes d'eau libres. Elle décrit plus spécifiquement les trois évaporomètres recommandés pour l'Année géophysique internationale. On énumère les facteurs qui influencent l'évaporation à partir des évaporomètres et des surfaces d'eau libres de différentes dimensions. L'auteur expose une technique utilisée pour déterminer l'évaporation d'un réservoir standard de 4m² de surface à partir

d'évaporomètres de différentes dimensions. Le rapport entre l'évaporation du réservoir de 4m² et celle d'un autre évaporomètre est appelé «rapport évaporométrique». Ensuite, on explique la procédure à suivre pour estimer l'évaporation d'une nappe d'eau libre à partir du réservoir de 4m² à l'aide du «coefficient évaporométrique». Les «rapports» et « coefficients» évaporométriques varient avec la saison, la nature de la surface environnante, la latitude, les facteurs météorologiques, les types d'évaporomètres, et la géométrie de la nappe d'eau considérée.

On trouvera dans le texte plusieurs tableaux contenant des rapports et des coefficients évaporométriques calculés dans plusieurs régions du monde. Cette note technique est d'autant plus importante qu'elle rapporte des données non publiées ou publiées en russe. Elle sera certainement utile à ceux qui doivent estimer l'évaporation des nappes d'eau à partir des données évaporométriques. Toutefois le lecteur devra posséder certaines connaissances en météorologie pour bien comprendre les assomptions sur lesquelles le calcul des coefficients est basé.

André P. PLAMONDON

Département d'aménagement
et de sylviculture
Université Laval, Québec

GILLE, J.-C. et P.M. KUHN, 1973. **The International radiometersonde intercomparison programme (1970-1971).** Note technique no 128. Organisation météorologique mondiale, Genève. 127 p., nombreux tab., 22 fig. 21 × 27 cm. Broché, prix non indiqué.

Ce rapport a été préparé sous les auspices de l'Association internationale de météorologie et de physique de l'atmosphère. Une préface de Julius London, président de la Commission du rayonnement, indique clairement les buts poursuivis par les auteurs de ce rapport: il est essentiel de mesurer et de calculer les flux radiatifs au sommet et à la base de l'atmosphère pour évaluer les bilans régionaux, responsables des mouvements atmosphériques. Comme les systèmes de sondes radiométriques qui permettent ces mesures ne donnent pas des résultats identiques, la Commission du rayonnement a décidé une campagne de mesures simultanées des flux en 1970 et 1971 avec des sondes provenant du Japon, de la République fédérale d'Allemagne et des États-Unis.

La première partie de la note technique est consacrée à la description du programme. D'abord le navire américain Discoverer est parti de Miami le 2 mai 1970, est passé par le canal de Panama et a atteint le 7° de latitude Sud le 15 mai. Durant ce temps, vingt sondages ont été réalisés au-dessus d'un milieu océanique homogène. Ensuite, trois lachers supplémentaires ont eu lieu à Tateno (Japon), la nuit du 24-25 mars 1971, en même temps que des observations continues au sol se poursuivaient.

L'analyse statistique des résultats a montré qu'il existait des différences entre les instruments, supérieurs à l'erreur type sur l'ensemble des mesures. Les déviations de chaque sonde sont analysées soigneusement. Quand on compare les observations avec des calculs de flux, les résultats sont semblables par temps clair; mais, par temps nuageux, ils diffèrent probablement à cause de l'imprécision quant aux positions et à l'épaisseur des nuages.

La troisième partie donne les recommandations issues des campagnes de mesures et propose notamment une meilleure calibration des sondes en laboratoire, une comparaison des résultats par ballon et par avion et avec les données fournies par les satellites. Le travail du groupe n'est donc pas terminé et il doit se poursuivre en élargissant les comparaisons.

Quatre appendices fort utiles complètent cette note. D'abord une description détaillée des instruments et des erreurs possibles, ensuite des données sur le programme utilisé pour calculer les flux d'infra-rouge et les taux d'échauffement ou de refroidissement de l'atmosphère et enfin les résultats complets des sondages effectués.

André HUFTY

Département de géographie
Université Laval, Québec

ISLANDT, B. M., 1973. **Children of the ark.** Photographies de Norman R. Hatton. University of Toronto Press, Toronto. 95 p., ill. 26 × 26 cm. Cartonné, $7.95.

Depuis la dernière guerre, nos connaissances ont progressé au sujet de la reproduction des animaux en captivité. Les succès ont été en proportion et ce livre en témoigne fort bien par le texte et les photographies. Le progrès est plus significatif qu'il n'y paraît de prime abord. Pour certaines espèces en effet, comme c'est le cas pour l'ourang-outang ou le léopard, les chances de survie de l'espèce sont assez directement liées aux progénitures qu'abritent des zoos, en nombre croissant, de par le monde. Pour certaines espèces il est déjà trop tard, mais on peut espérer

que des ouvrages comme celui-ci contribueront à généraliser cette opération de sauvetage qui reste comme un remords collectif pour notre propre espèce.

Les auteurs ont exploité les possibilités offertes par des zoos canadien et surtout anglais (et écossais!), certains d'entre eux fort bien aménagés comme c'est le cas de celui de Chester entre autres. Le résultat en est une série de documents photographiques sur 32 espèces d'oiseaux, quadrupèdes et primates. On peut regretter l'absence d'un volet aquatique qui viendrait compléter la trilogie air—sol—eau. Le texte qui accompagne les photographies en noir-et-blanc décrit les petits des différentes espèces, les techniques d'élevage et l'importance de la conservation, dans tel ou tel cas.

Il est remarquable de constater qu'il aura fallu tant d'échecs pour parvenir à la conclusion que les conditions les plus propres à la reproduction sont celles qui se rapprochent le plus des conditions naturelles. Jeter la pierre aux responsables des zoos est vite fait: ils n'ont fait que refléter notre ignorance de la psychophysiologie animale et que répondre, bien souvent, aux goûts du public friand d'exotisme plus que de biologie. L'acceptation de conditions de captivité moins favorables au visiteur pressé mais plus favorables aux animaux est d'origine assez récente, mais les fruits en seront appréciables. Les animaux, tout comme les humains, ont le plus souvent besoin de discrétion, particulièrement dans ce qui touche à la reproduction.

L'homme est sur la bonne voie pour assurer des possibilités accrues de survie à certains de ses cousins. Le présent ouvrage est un plaidoyer de qualité en leur faveur.

Joël de la NOÜE

Département de biologie
Université Laval, Québec

BATISTINI, R. et G. RICHARD-VINDARD, (éditeurs), 1972. **Biogeography and ecology in Madagascar.** Coll. *Monographiae biologicae*, vol. 21. Dr. W. Junk, The Hague. xiv + 764 p., 88 fig., 133 photos. 16 × 24.5 cm. Relié-toile, 190.0 Guilders.

Malgré sa proximité de l'Afrique (la distance qui sépare Cap Saint-André de la côte africaine est de 300 km seulement) Madagascar ne peut pas être considéré comme partie dépendante de ce continent. La Grande Île a été séparée et a évolué indépendamment de l'Afrique au moins depuis la moitié du Secondaire. Sa flore et sa faune ont acquis une individualité très prononcée malgré quelques affinités avec l'Afrique, l'Inde et l'archipel Indien.

La nature particulière de la faune et de la flore malgache a été reconnue et considérée comme un fait biogéographique classique depuis les premières expéditions à l'intérieur de la Grande Île datant d'il y a plusieurs siècles. Les problèmes posés par des populations aussi particulières ont toujours été d'un grand intérêt. Ces problèmes, qui ont été fréquemment la cause des controverses, ont alimenté les discussions scientifiques de grande importance concernant les mystères de l'histoire de nos continents. Si au cours de ces débats, l'imagination et des formes douteuses de raisonnement ont eu parfois libre cours, le fait est que le manque de nos connaissances rendait de telles discussions prématurées.

Contenu: Introduction; R. Battistini: Madagascar relief and main types of landscape; P. Brenon: The geology of Madagascar; G. Donque: The climatology of Madagascar; B. Chauvet: The forest of Madagascar; P. Roederer: Les sols de Madagascar; P. le Bourdiec: Accelerated erosion and soil degradation; M. Aldegheri: Rivers and streams on Madagascar; R. Battistini & P. Verin: Man and the environment in Madagascar; J. Mahé: The Malagasy subfossils; M. Pichon: The coral reefs of Madagascar; R. Paulian: Some ecological and biogeographical problems of the entomofauna of Madagascar; R. Legendre: Les arachnides de Madagascar; E. Fischer-Piette & Mme F. Blanc: Le peuplement de mollusques terrestres de Madagascar; A. Kiener & G. Richard-Vindard: Fishes of the continental waters of Madagascar; Ch. P. Blanc: Les reptiles de Madagascar et des îles voisines; J. Dorst: The evolution and affinities of the birds of Madagascar; H. Heim de Balsac: Insectivores; F. Petter: The rodents of Madagascar: The seven genera of Malagasy rodents; R. Albignac: The carnivora of Madagascar; J.J. Petter: Order of Primates: Sub-order of lemurs; E.R. Brygoo: Human diseases and their relationship to the environment; P. Griveaud & R. Albignac: The problems of the nature conservation in Madagascar; J. Millot: In conclusion.

(Résumé traduit de l'anglais)

Le naturaliste canadien, vol. 100, 1973

SOMMAIRE GÉNÉRAL DU VOLUME 100

Numéro 1

LEDUC, Gérard, Yvan GRAVEL, Louis-Roch SÉGUIN, Bernard VINCENT and François GUIBERT. The use of sodium cyanide as a fish eradicant in some Québec lakes .. 1-10

ROUSSEL, Jean-Pierre. Introduction de la différence phasaire du rythme cardiaque chez *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F. 11-18

LEMAY, J. P. et G. W. CORRIVAULT. Variations saisonnières de l'activité sexuelle chez le bélier 19-24

GIPOULOUX, J.-D. et F. LANDSMAN. Étude de la segmentation du mésoderme somitique chez le crapaud commun (*Bufo bufo* L.) et la grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.) (Amphibiens anoures) 25-32

LANQUETIN, Paule. Interfertilités et polarités chez les *Scytinostroma* sans boucles (Basidiomycètes Lachnocladiaceae) 33-49

BLAKE, Weston Jr. Former occurrence of *Mytilus edulis* L. on Coburg Island, Arctic Archipelago 51-58

VINCENT, Jean-Serge. A palynological study for the Little Clay Belt, Northwestern Québec 59-69

COMMUNICATION BRÈVE

RAYMOND, Marcel. La plus ancienne récolte québécoise de *Carex heleonastes* 71-72

REVUE DES LIVRES 73-82

Numéro 2

DAVIS, Charles C. A. seasonal quantitative study of the plankton of Bauline Long Pond, a Newfoundland lake 85-105

DESSUREAULT, L. et J. M. PERRON. Effets d'un traitement à l'hormone juvénile synthétique sur les tissus de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Homoptera: Aphididae) 107-115

GONZALEZ, A. and B. J. R. PHILOGÈNE. Qualitative and quantitative determination of uric acid and allantoin in *Neodiprion swainei* Midd. frass 117-122

PAYETTE, Serge. Contribution à la pédologie de la zone hémi-arctique: région de Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec 123-163

GRIMALDI, John and Gérard LEDUC. The growth of the yellow perch in various Québec waters 165-176

SEGUIN, M. K. Utilité d'emploi des méthodes géophysiques pour localiser des zones de sulfures de cobalt et de cuivre en Idaho 177-186

REVUE DES LIVRES 187-194

Numéro 3

LETENDRE, Michel et Jean-Guy PILON. La faune myrmécologique de différents peuplements forestiers caractérisant la zone des basses Laurentides, Québec (Hymenoptera: Formicidae) 195-235

LETENDRE, Michel et Jean-Guy PILON. Nids et micromilieux de nidification utilisés par les fourmis dans les peuplements forestiers des basses Laurentides, Québec (Hymenoptera: Formicidae) 237-246

COAD, Brian W. and G. POWER. Life history notes and meristic variation in the freshwater fourspine stickleback, *Apeltes quadracus* (Mitchill), near Sept-Iles, Québec 247-251

LAMONTAGNE, Yves. Effets de l'enrobage et de l'entreposage sur la capacité germinative des graines de conifères 253-256

KIFFER, Étienne. Contribution à l'étude de la microflore fongique du Congo III. *Torula ndjilensis* sp. nov. et *Balanium africanum* sp. nov. 257-263

BRAZEAU, M. et B. BERNIER. Composition minérale du feuillage du sapin baumier selon les modalités d'échantillonnage et relations avec quelques indices de croissance 265-275

SÉGUIN, M. K. Geological evolution of the southern extension of the Labrador trough .. 277-314

COMMUNICATION BRÈVE

COAD, Brian W. Modifications of the pelvic complex in ninespine sticklebacks, *Pungitius pungitius* (L.), of eastern Canada and the North-West Territories 315-316

REVUE DES LIVRES 317-326

NOTICE NÉCROLOGIQUE

LEPAGE, E. Le Père Arthème Dutilly (1896-1973) 327-329

Numéro 4

MAGNIN, Étienne, Eugenia MURAWSKA et Gérard BEAULIEU. Croissance du bar blanc, *Morone chrysops* (Rafinesque), dans le fleuve Saint-Laurent près de Québec ... 331-336

LEVINGS, C. D. Dominance and movements of winter flounder *(Pseudopleuronectes americanus)* at St. Margaret's Bay 337-345

DE REGGI, Lucien Max. Effects d'un choc thermique sur l'insecte *Myzus persicae* I. Influence d'un traitement thermique préalable 347-354

DE REGGI, Lucien Max. Effets d'un choc thermique sur l'insecte *Myzus persicae* II. Interactions d'un traitement thermique et de l'âge 355-360

BARLOW, C. A. Phenology and distribution of *Carabus nemoralis* (Müller) (Coleoptera: Carabidae) in Eastern Canada 361-369

GAUTHIER, Benoît et Camille ROUSSEAU. L'écologie du *Floerkea proserpinacoides* Willd. à l'île aux Grues, Montmagny (Québec) 371-383

PELLETIER, Ghislain. Influence de certaines méthodes de fenaison et de conservation sur la qualité d'un mélange fourrager 383-393

HAYHOE, H. N. Weather effects on field drying of forages. A review 393-405

LAVERDIÈRE, M. R. et G. Y. LAFLAMME. Quelques propriétés physiques, chimiques et minéralogiques des séries de sol Chaloupe et Batiscan reliées à leur évolution pédogénétique 407-420

EMIG, Christian C. Notes sur l'écologie et la taxonomie de *Phoronis muelleri* (Phoronida) 421-426

REVUE DES LIVRES 427-431

NOTICE NÉCROLOGIQUE

POMERLEAU, René. Claude Mélançon (1895-1973) 433-435

Numéro 5

COAD, Brian W. and G. POWER. Observations on the ecology of lacustrine populations of the threespine stickleback, (*Gastorosteus aculeatus* L., 1758) in the Matamek River system, Québec 437-445

LAGUEUX, Marie et J.-M. PERRON. Effets du gaz carbonique sur le mécanisme d'expansion des ailes chez *Drosophila melanogaster* Meigen et *Calliphora erythrocephala* (Meigen) 447-451

LAUGÉ, Ginette. Incidences de différentes températures sur le développement embyronnaire et postembryonnaire de *Drosophila melanogaster* Meigen 453-459

HEINRICH, Gerd H. Synopsis of neartic Ichneumoninae stenopneusticae with particular reference to the northeastern region (Hymenoptera). Supplement 4 461-465

FURLAN, Valentin and J.-André FORTIN. Formation of endomycorrhizae by *Endogone calospora* on *Allium cepa* under three temperature regimes 467-477

VALLA, Gérard. Divisions nucléaires, septation et ramification chez l'haplonte de *Polyporus arcularius* (Batsch) ex FR 479-492

PAYETTE, Serge, Louise FILION et Jacques OUZILLEAU. Relations neige-végétation dans la toundra forestière du Nouveau-Québec, Baie d'Hudson 493-508

REVUE DES LIVRES 509-519

NOTICE NÉCROLOGIQUE

GRANDTNER, Miroslav M. Lionel Cinq-Mars (1919-1973) 521-523

Numéro 6

FERRON, Jean. Morphologie comparée de l'organe de l'odorat chez quelques mammifères carnivores 525-541

ROUSSEL, Jean-Pierre. Etude de la différence phasaire de rythme cardiaque en fonction de la lumière et de la température chez *Locusta migratoria* L. 543-549

MORRY, C. J., J. P. CUERRIER and Daniel J. FABER. Crustacean plankton of Gatineau Park, Québec 551-560

RICHARD, Pierre. Histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Saint-Raymond de Portneuf, telle que révélée par l'analyse pollinique d'une tourbière 561-575

RICHARD, Pierre. Histoire postglaciaire comparée de la végétation dans deux localités au nord du Parc des Laurentides, Québec 577-590

RICHARD, Pierre. Histoire postglaciaire comparée de la végétation dans deux localités au sud de la ville de Québec 591-603

SOUTH, Robin G. and André CARDINAL. Contributions to the flora of marine algae of Eastern Canada. I. Introduction, historical review and key to the genera 605-630

COMMUNICATION BRÈVE

HALL, I. V. and Nancy L. NICKERSON. Changes in the shoot of *Vaccinium angustifolium* Ait. resulting from loops and placement in a reclining position 631-634

REVUE DES LIVRES 635-640

SOMMAIRE GÉNÉRAL DU VOLUME 100 641-644

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS AVEC TITRES 645-647

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS AVEC TITRES

BARLOW, C. A. Phenology and distribution of *Carabus nemoralis* (Müller) (Coleoptera: Carabidae) in Eastern Canada 361-369

BEAULIEU, Gérard. Voir Etienne MAGNIN 331-336

BERNIER, B. Voir M. BRAZEAU 265-275

BLAKE, Weston Jr. Former occurrence of *Mytilus edulis* L. on Coburg Island, Arctic Archipelago 51-58

BRAZEAU, M. et B. BERNIER. Composition minérale du feuillage du sapin baumier selon les modalités d'échantillonnage et relations avec quelques indices de croissance 265-275

CARDINAL, André. Voir Robin G. SOUTH 605-630

COAD, Brian W. Modifications of the pelvic complex in ninespine sticklebacks, *Pungitius pungitius* (L.), of eastern Canada and the North-West Territories 315-316

COAD, Brian W. and G. POWER. Life history notes and meristic variation in the freshwater fourspine stickleback, *Apeltes quadracus* (Mitchill), near Sept-Iles, Québec 247-251

COAD, Brian W. and G. POWER. Observations on the ecology of lacustrine populations of the threespine stickleback, (*Gasterosteus aculeatus* L., 1758) in the Matamek River system, Québec 437-445

CORRIVAULT, G. W. Voir J. P. LEMAY 19-24

CUERRIER, J. P. Voir C. J. MORRY 551-560

DAVIS, Charles C. A. seasonal quantitative study of the plankton of Bauline Long Pond, a Newfoundland lake 85-105

DE REGGI, Lucien Max. Effects d'un choc thermique sur l'insecte *Myzus persicae* I. Influence d'un traitement thermique préalable 347-354

DE REGGI, Lucien Max. Effets d'un choc thermique sur l'insecte *Myzus persicae* II. Interactions d'un traitement thermique et de l'âge 355-360

DESSUREAULT, L. et J. P. PERRON. Effets d'un traitement à l'hormone juvénile synthétique sur les tissus de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Homoptera: Aphididae) 107-115

ÉMIG, Christian C. Notes sur l'écologie et la taxonomie de *Phoronis muelleri* (Phoronida) ... 421-426

FABER, J. Voir C. J. MORRY 551-560

FERRON, Jean. Morphologie comparée de l'organe de l'odorat chez quelques mammifères carnivores 525-541

FILION, Louise. Voir Serge PAYETTE 493-508

FORTIN, J.-André. Voir Valentin FURLAN 467-477

FURLAN, Valentin and J.-André FORTIN. Formation of endomycorrhizae by *Endogone calospora* on *Allium cepa* under three temperature regimes 467-477

GAUTHIER, Benoît et Camille ROUSSEAU. L'écologie de *Floerkea proserpinacoides* Wild. à l'île aux Grues, Montmagny (Québec) 371-383

GIPOULOUX, J.-D. et F. LANDSMAN. Étude de la segmentation du mésoderme somitique chez le crapaud commun *(Bufo bufo* L.*)* et la grenouille agile *(Rana dalmatina* Bon.*)* (Amphibiens anoures) 25-32

GONZALEZ, A. and B.J.R. PHILOGÈNE. Qualitative and quantitative determination of uric acid and allantoin in *Neodiprion swainei* Midd. frass 117-122

GRANDTNER, Miroslav M. Notice nécrologique de Lionel Cinq-Mars (1919-1973) 521-523

GRAVEL, Yvan. Voir Gérard LEDUC 1-10

GRIMALDI, John and Gérard LEDUC. The growth of the yellow perch in various Québec waters 165-176

GUIBERT, François. Voir Gérard LEDUC 1-10

HALL, I. V. and Nancy L. NICKERSON. Changes in the shoot of *Vaccinium angustifolium* Ait. resulting from loops and placement in a reclining position 631-634

HAYHOE, H. N. Weather effects on field drying of forages. A review 393-405

HEINRICH, Gerd H. Synopsis of nearctic Ichneumoninae stenopneusticae with particular reference to the northeastern region (Hymenoptera). Supplement 4 461-465

KIFFER, Étienne. Contribution à l'étude de la microflore fongique du Congo III. *Torula ndjilensis* sp. nov. et *Balanium africanum* sp. nov. 257-263

LAFLAMME, G. Y. Voir M. R. LAVERDIÈRE 407-420

LAGUEUX, Marie et J.-M. PERRON. Effets du gaz carbonique sur le mécanisme d'expansion des ailes chez *Drosophila melanogaster* Meigen et *Calliphora erythrocephala* (Meigen) 447-451

LAMONTAGNE, Yves. Effets de l'enrobage et de l'entreposage sur la capacité germinative des graines de conifères 253-256

LANDSMAN, F. Voir J.-D. GIPOULOUX 25-32

LANQUETIN, Paule. Interfertilités et polarités chez les *Scytinostroma* sans boucles (Basidiomycètes Lachnocladiaceae) 33-49

LAUGÉ, Ginette. Incidences de différentes températures sur le développement embryonnaire et postembryonnaire de *Drosophila melanogaster* Meigen 453-459

LAVERDIÈRE, M. R. et G. Y. LAFLAMME. Quelques propriétés physiques, chimiques et minéralogiques des séries de sol Chaloupe et Batiscan reliées à leur évolution pédogénétique 407-420

LEDUC, Gérard, Yvan GRAVEL, Louis-Roch SÉGUIN, Bernard VINCENT and François GUIBERT. The use of sodium cyanide as a fish eradicant in some Québec lakes ... 1-10

LEDUC, Gérard. Voir John GRIMALDI 165-176

LEMAY, J. P. et G. W. CORRIVAULT. Variations saisonnières de l'activité sexuelle chez le bélier 19-24

LEPAGE, E. Notice nécrologique du Père Arthème Dutilly (1896-1973) 327-329

LETENDRE, Michel et Jean-Guy PILON. La faune myrmécologique de différents peuplements forestiers caractérisant la zone des basses Laurentides, Québec (Hymenoptera: Formicidae) 195-235

LETENDRE, Michel et Jean-Guy PILON. Nids et micromilieux de nidification utilisés par les fournis dans les peuplements forestiers des basses Laurentides, Québec (Hymenoptera: Formicidae) 237-246

LEVINGS, C. D. Dominance and movements of winter flounder *(Pseudopleuronectes americanus)* at St.Margaret's Bay 337-345

MAGNIN, Étienne, Eugenia MURAWSKA et Gérard BEAULIEU. Croissance du bar blanc, *Morone chrysops* (Rafinesque), dans le fleuve Saint-Laurent près du Québec 331-336

MORRY, C. J., J. P. CUERRIER and Daniel J. FABER. Crustacean plankton of Gatineau Park, Québec 551-560

MURAWSKA, Eugenia. Voir Étienne MAGNIN 331-336

NICKERSON, Nancy L. Voir I. V. HALL 631-634

OUZILLEAU, Jacques. Voir Serge PAYETTE 493-508

PAYETTE, Serge. Contribution à la pédologie de la zone hémi-arctique: région de Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec 123-163

PAYETTE, Serge, Louise FILION et Jacques OUZILLEAU. Relations neige-végétation dans la toundra forestière du Nouveau-Québec, Baie d'Hudson 493-508

PELLETIER, Ghislain. Influence de certaines méthodes de fenaison et de conservation sur la qualité d'un mélange fourrager 383-393

PERRON, J.-M. Voir L. DESSUREAULT 107-115

PERRON, J.-M. Voir Marie LAGUEUX 447-451

PHILOGÈNE, B.J.R. Voir A. GONZALEZ 117-122

PILON, Jean-Guy. Voir Michel LETENDRE 195-235

PILON, Jean-Guy. Voir Michel LETENDRE 237-246

POMERLEAU, René. Notice nécrologique de Claude Mélançon (1895-1973) 433-435

POWER, G. Voir Brian W. COAD 247-251

POWER, G. Voir Brian W. COAD 437-445

RAYMOND, Marcel. La plus ancienne récolte québécoise de *Carex haleonastes* 71-72

RICHARD, Pierre. Histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Saint-Raymond de Portneuf, telle que révélée par l'analyse pollinique d'une tourbière 561-575

RICHARD, Pierre. Histoire postglaciaire comparée de la végétation dans deux localités au nord du Parc des Laurentides, Québec 577-590

RICHARD, Pierre. Histoire postglaciaire comparée de la végétation dans deux localités au sud de la ville de Québec 591-603

ROUSSEAU, Camille. Voir Benoît GAUTHIER 371-383

ROUSSEL, Jean-Pierre. Induction de la différence phasaire du rythme cardiaque chez *Locusta migratoria migratorioïdes* R. et F. 11-18

ROUSSEL, Jean-Pierre. Étude de la différence phasaire de rythme cardiaque en fonction de la lumière et de la température chez *Locusta migratoria* L. 543-549

SÉGUIN, Louis-Roch. Voir Gérard LEDUC 1-10

SÉGUIN, M. K. Utilité d'emploi des méthodes géophysiques pour localiser des zones de sulfures de cobalt et de cuivre en Idaho 177-186

SÉGUIN, M. K. Geological evolution of the southern extension of the Labrador trough ... 277-314

SOUTH, Robin G. and André CARDINAL. Contributions to the flora of marine algae of Eastern Canada. I. Introduction, historical review and key to the genera 605-630

VALLA, Gérard. Divisions nucléaires, septation et ramification chez l'haplonte de *Polyporus arcularius* (Batsch ex Fr.) 479-492

VINCENT, Bernard. Voir Gérard LEDUC 1-10

VINCENT, Jean-Serge. A palynological study for the Little Clay Belt, Northwestern Québec . 59-69

DIRECTIVES AUX AUTEURS

ORIENTATION DE LA REVUE

On peut soumettre au Naturaliste canadien des *articles inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche dans le domaine de l'écologie fondamentale et appliquée, de la taxonomie, de la morphologie ou des sciences de la terre. Tout manuscrit sera jugé en fonction de l'originalité des résultats et de l'interprétation. Les revues thématiques ne seront acceptées que si elles donnent lieu à d'importantes généralisations scientifiques. Des *articles courts* (maximum de quatre pages dans la revue) peuvent être acceptés comme «Communications brèves» s'ils découlent d'une recherche de qualité.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les manuscrits, dactylographiés à double interligne sur le recto de feuilles de 21.5 × 28 cm, seront expédiés en trois exemplaires au Secrétaire de la rédaction.

Les éléments du manuscrit sont les suivants: (1) le titre; (2) le nom de l'auteur; (3) le nom et l'adresse de l'institution à laquelle appartient l'auteur; (4) un titre courant d'un maximum de 60 lettres et espaces (sur une page séparée); (5) les résumés français et anglais (maximum de 300 mots); (6) le texte; (7) sur des feuilles séparées, les tableaux (numérotés en chiffres romains), les légendes des figures (numérotées en chiffres arabes) et les références bibliographiques.

TEXTE

La Direction de la revue recommande le plan suivant: introduction, matériel et méthodes, résultats, discussions, conclusion, remerciements et références bibliographiques.

On tiendra compte des remarques suivantes: (1) les caractères soulignés d'un trait simple sont composés en italiques; (2) les notes infra-marginales devront être réduites à un strict minimum et numérotées consécutivement; (3) pour les unités de mesure, on utilisera de préférence le système métrique, (4) on évitera les appendices, et d'ailleurs la Direction de la revue ne s'engage pas à en publier plus d'une page.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elles seront indiquées dans le texte par le nom de l'auteur et l'année de publication. Dans la liste, à la fin du manuscrit, elles seront citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, en s'inspirant des exemples suivants:

LEGENDRE, L., 1971. Production primaire dans la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). *Naturaliste can.*, 98 (5): 743-773.

MacARTHUR, R. H. and J. H. CONNELL, 1966. The biology of populations. John Wiley & Sons, New York, 200 p.

PARKER, P. L. and J. A. CALDER, 1970. Stable carbon isotope ratio variations in biological systems, p. 107-127. *In:* D. H. Hood (ed.), Symposium on organic matter in natural waters. University of Alaska, 625 p.

Les titres des périodiques devront être abrégés suivant la «World List of Scientific Periodicals» (édition de 1963).

ILLUSTRATIONS

La Direction de la revue limite ses frais de clichage à deux clichés par manuscrit; tous les clichés additionnels seront à la charge de l'auteur.

Les photographies devront être tirées sur papier glacé et fortement contrastées. On regroupera, autant que possible, les photographies sur une même planche, en les collant sur un carton rigide, sans oublier de les numéroter proprement et lisiblement au coin droit. Trois séries de photographies sont requises.

Les dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc. Le lettrage devra être fait à l'aide d'un appareil à dessin. Il doit être suffisamment grand pour avoir, après la réduction finale, au moins 1.5 mm de hauteur. En plus de l'original, on est prié de fournir deux copies de chacun des graphiques.

Dans le cas des dessins et des photographies, bien tenir compte de leur réduction à un format ne dépassant pas 12.5 × 20 cm, légende comprise.

On présentera la liste des légendes sur une page séparée. On indiquera cependant à l'endos des photographies et des dessins le nom de l'auteur et le numéro de figure.

ÉPREUVE ET TIRAGES-À-PART

Les auteurs recevront une série d'épreuves, en même temps qu'un bon de commande pour les tirages-à-part. L'un et l'autre devront être retournés dans les plus brefs délais.